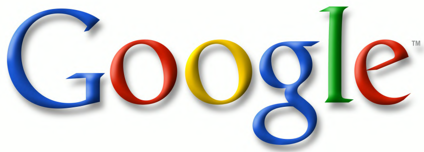
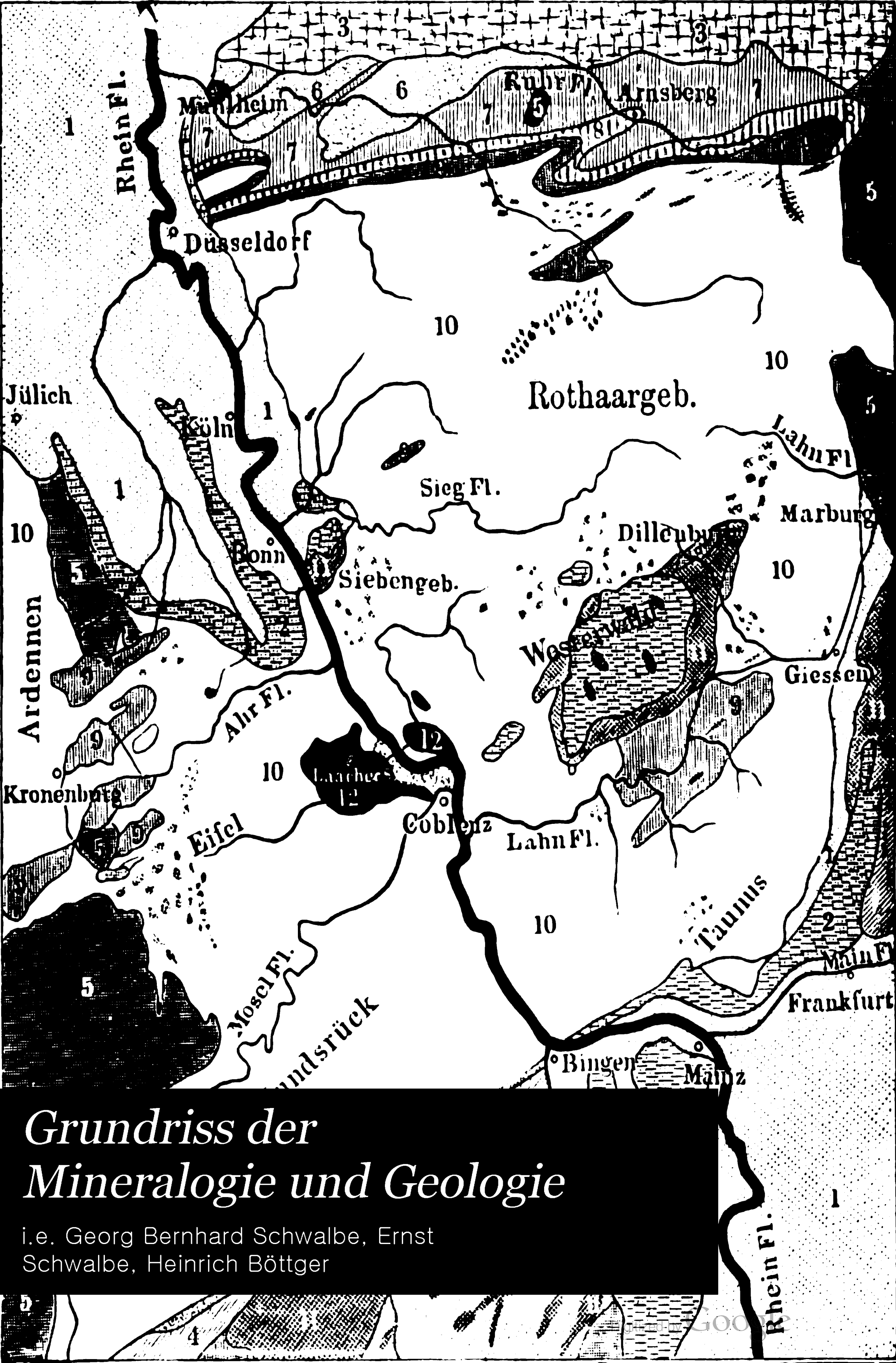




Grundriss der Mineralogie und Geologie

i.e. Georg Bernhard Schwalbe, Ernst Schwalbe, Heinrich Böttger

Grundriß

der

Mineralogie und Geologie

Zum Gebrauch beim Unterricht an höheren Lehranstalten
sowie zum Selbstunterricht

Grundriß

der

Mineralogie und Geologie

Zum Gebrauch beim Unterricht an höheren Lehranstalten
sowie zum Selbstunterricht

Von

Prof. Dr. Bernhard Schwalbe
weil. Direktor des Dorotheenstädtischen Realgymnasiums zu Berlin

unter Mitwirkung von
Privatdozent Dr. E. Schwalbe in Heidelberg
beendet und herausgegeben
von

Prof. Dr. H. Böttger
Oberlehrer am Dorotheenstädtischen Realgymnasium zu Berlin

Mit 418 Abbildungen und 9 Tafeln

Braunschweig
Druck und Verlag von Friedrich Vieweg und Sohn
1903

Sonder=Ausgabe

aus

Fr. Schoedlers Buch der Natur

Dreiundzwanzigste Auflage

Vorwort.

Von dem vorliegenden Buche, das zugleich die Neubearbeitung des mineralogischen und geologischen Teiles der 23. Auflage von Schoedlers Buch der Natur bildet, waren 28 Bogen fertig gedruckt, als ein plötzlicher Tod dem unermüdlichen, erfolgreichen Schaffen des Verfassers viel zu früh ein Ende bereitete. Gern übernahm ich es, als die Aufforderung dazu an mich erging, das unvollendet gebliebene Werk des Dahingeschiedenen zu Ende zu führen; konnte ich damit doch eine Pflicht herzlicher Dankbarkeit und pietätvoller Verehrung gegen ihn erfüllen, der mir so manche Anregung und Förderung hatte zu Teil werden lassen, und von dem ich wußte, wie sehr ihm in den letzten Jahren seines Lebens gerade die Vollendung dieser Neubearbeitung von Schoedlers Buch der Natur am Herzen gelegen hatte. In den Gesprächen über Ziel und Methode des naturwissenschaftlichen Unterrichts, zu denen vor allem meine unterrichtliche Thätigkeit an der von dem Verstorbenen geleiteten Lehranstalt häufig Gelegenheit gab, hatte ich seine Ansichten über die Mittel und Wege kennen gelernt, durch die nach seinem Dafürhalten die naturwissenschaftlichen Disciplinen zu der Bedeutung gelangen könnten, die sie dem ihnen innewohnenden Bildungswert gemäß besitzen und für deren Anerkennung der Heimgegangene unermüdlich thätig gewesen ist. Eines dieser Mittel schien ihm die möglichst enge Verknüpfung der einzelnen naturwissenschaftlichen Lehrgegenstände unter sich und mit verwandten Unterrichtsfächern. So hat er, was für das vorliegende Buch von Belang ist, bereits im Jahre 1879 die Notwendigkeit einer weitgehenden Berücksichtigung der Geologie im geographischen Unterricht betont (s. Centralorgan für die Interessen des Realschulwesens 7, 193—222, sowie in der Vorrede zu seinem Kurzgefaßten Lehrbuch der allgemeinen Geologie, Berlin 1879, H. W. Müller, aus dem der Verstorbene kleinere Abschnitte in das vorliegende Buch herübergenommen hat), und später hat er gezeigt, wie geologische Er-

scheinungen im Anschluß an den experimentellen Unterricht in Chemie und Physik demonstriert werden können (s. S. 743 des vorliegenden Bandes). Dem Lehrenden und Lernenden diese Verknüpfung zu erleichtern, war eines der Hauptziele, deren Erreichung ihm bei der Neuherausgabe des Buches der Natur vorschwebte, und dieser Gesichtspunkt war, wenn auch nicht ausschließlich, so doch in erster Linie bei der Auswahl des Stoffes maßgebend. Von den meisten der unvollendet gebliebenen Abschnitte fanden sich unter den nachgelassenen Papieren des Verstorbenen größere oder kleinere Teile handschriftlicher Aufzeichnungen, aus denen sich unter Berücksichtigung des oben Dargelegten Umfang und Inhalt meist mit hinreichender Deutlichkeit erkennen ließ. Nur für den Anhang lag fast nichts als die Disposition (S. 296) vor. Im Wesentlichen bestand daher die Aufgabe des Unterzeichneten darin, die Bruchstücke des hinterlassenen Manuskriptes untereinander zu verbinden und möglichst den Absichten des Verfassers gemäß zu einem Ganzen zu vereinigen. In wirksamer Weise wurde ich dabei von Herrn Dr. Ernst Schwalbe in Heidelberg, dem einen Sohne des Verstorbenen, unterstützt, der einzelne Abschnitte selbst bearbeitete und die nicht immer leichte Arbeit des Korrekturlesens mit übernahm. Ferner erfuhr ich seitens der Verlagsbuchhandlung das weitgehendste Entgegenkommen nicht nur inbezug auf die vorzügliche Ausstattung des Buches, sondern auch durch zahlreiche wertvolle Hinweise auf den bereits gedruckt vorliegenden Text. Nach beiden Seiten an dieser Stelle meinen besten Dank für die mir gewährte Unterstützung abzustatten, ist mir eine angenehme Pflicht. Möge es unseren gemeinsamen Bemühungen gelungen sein, das Buch im Sinne des Verfassers zum Abschluß zu bringen, der sich um alle Bestrebungen, die auf die Vervollkommnung und die Anerkennung des naturwissenschaftlichen Unterrichts hinzielten, unvergängliche Verdienste erworben hat.

Berlin, im November 1902.

Böttger.

Inhaltsverzeichnis.

II. Specielle Mineralogie.

Zusammenfassungen.

III. Geologie.

Anhang.

Bemerkungen über die Gruppierung der Wissenschaften.

In dem ersten Teile des Buches der Natur ist ein kurzer Überblick über die Kenntnis des Tier- und Pflanzenlebens gegeben, in der ersten Hälfte des zweiten Bandes sind die Grundgesetze und wichtigsten Thatsachen der Chemie, die von den Veränderungen der Stoffe, den Elementen, ihren Verbindungen und der Zersetzung der letzteren handelt und deren Grundlage das Gesetz von der Unzerstörbarkeit und Erhaltung des Stoffes bildet, besprochen worden.

Die Naturkörper der unorganischen Welt, ihre Veränderungen und der Bau der Erde bilden den Gegenstand der nächsten Betrachtung, und nach Darstellung der Erscheinungen und Veränderungen der Körper im Weltraum, in der Astronomie, wird am Schluß des Werkes die Physik, die Lehre vom Gleichgewicht und der Bewegung, von den Eigenschafts- und Zustandsänderungen im weitesten Sinne, deren Grundlage das Gesetz von der Erhaltung der Energie ist, ausführlicher behandelt.

Aber schon jetzt ist eine solche Fülle von Erscheinungen zur Darlegung gekommen, verbunden mit den mannigfachsten Beziehungen zum menschlichen Leben, daß es zweckmäßig erscheint, einen Überblick des Umfanges der gesamten Wissenschaften zu geben; er wird zeigen, wie umfangreich, vielverzweigt und stoffreich das menschliche Wissen ist, so daß es schon lange nicht mehr möglich ist, mehrere Wissenschaften vollständig zu beherrschen; nimmt doch nicht selten die einzelne Fachwissenschaft die Kräfte so in Anspruch, daß Lehrer wie Lernende versäumen einen Einblick in benachbarte Gebiete zu nehmen, und doch sollte der Zusammenhang der einzelnen Wissenschaften untereinander gewahrt bleiben! Dieses Streben, dem Humboldt in seinem Kosmos einen ewig denkwürdigen Markstein gesetzt hat, indem er versuchte, das Wissen vom Weltganzen in seinen Einzelheiten unter Beziehung zu der historischen Forschung darzustellen, darf nicht ganz verloren gehen. Der alte Spruch des Plinius (Historia naturalis Buch VII c. 1):

> „Naturae vero rerum vis atque majestas in omnibus momentis fide caret, si quis modo partes ejus ac non totam complectatur animo“ —
> „Die Kraft und Hoheit der Natur ist in allen ihren Wirkungen weit über unsere Vorstellung erhaben, solange man nur einen Teil derselben, und nicht die ganze Wissenschaft mit dem Geiste umfaßt“,

gilt auch noch heute.

Nach Helmholtz kann man die gesamten Wissenschaften in Naturwissenschaften und Geisteswissenschaften einteilen, deren verbindendes Glied in gewisser Beziehung die Mathematik bildet. Nicht als ob zum Betreiben der Naturwissenschaften kein Denken, keine Geistesthätigkeit gehört, oder als ob sie durch diese Gruppierung gar als niedriger stehend bezeichnet werden sollten; dem Gegenstande der Betrachtung, nicht der Wichtigkeit der betrachteten Gegenstände und Begriffe nach ist die Einteilung getroffen worden. Die Geisteswissenschaften haben es mit den Erzeugnissen des menschlichen Geistes zu thun, die von den Naturkörpern eigentlich gar nicht zu trennen sind, da der Mensch ein Glied der Natur ist.

Die Entwickelung und die Gesetze der Sprachen werden in den Sprachwissenschaften, in der Philologie behandelt, die Gesetze und Erscheinungen des Seelenlebens, die oft physisch beeinflußt werden und von den Gesetzen der Naturwissenschaften nachweisbar abhängig sind, bilden das Gebiet der Psychologie, die Gesetze des Schließens und Denkens zu erforschen ist die Aufgabe der Logik; daneben steht die Lehre von der Entwickelung der Geschicke der Völker, soweit die Völker selbst handelnd ihr eigenes oder das Geschick ihrer Mitmenschen fördern und beeinträchtigen, die Wissenschaft der Geschichte. Die Anschauungen der Menschen über den Zusammenhang der Dinge bilden den Inhalt der Philosophie, und so mannigfaltig die Beschäftigung des menschlichen Geistes nach verschiedenen Richtungen sich äußert, soviel Geisteswissenschaften wird man unterscheiden können. Ethik und Moral, Metaphysik, Religionswissenschaft und Ästhetik gehören ebenfalls dahin. Die letztere führt zu dem besonderen Gebiete der Kunst, die den Fertigkeiten, welche die Menschen sich aneignen können, die geistige ideale Richtung und Beziehung giebt.

Daß der Mensch durch die Bedingungen der Natur und seine eigene natürliche Beschaffenheit in seiner geistigen Entwickelung und Thätigkeit beeinflußt wird, läßt schon eine oberflächliche Beobachtung erkennen; wie weit die Beeinflussung reicht, welche Gesetze etwa obwalten, können wir nicht übersehen. Die Kulturgeschichte versucht die Entwickelung der Menschen zur Kultur in Beziehung zu den natürlichen Bedingungen darzustellen.

Da der Mensch selbst ein Glied im Reiche der Natur ist, wird auch er in den Naturwissenschaften selbst eine Stelle finden. Die Naturgeschichte des Menschen, die Anthropologie nebst der Ethnographie oder Völkerkunde, gehören zu den Naturwissenschaften.

Eine eigentümliche Stellung nimmt die Mathematik ein. Von einigen Grundsätzen aus baut sie als absolut richtig beweisbar Sätze und Schlüsse auf, sie giebt die Gesetze für Zahl und Raum und lehrt die Regeln dafür, sie ist das Bindeglied zwischen den Geistes- und den Naturwissenschaften. In vielen Naturwissenschaften sind die Gesetze in mathematischer Form ausdrückbar, und aus mathematischen Voraussetzungen und sich anknüpfenden Schlüssen sind bestimmte Naturerscheinungen und Thatsachen voraus bestimmt und gefunden worden. Alle Wissenschaften aber wird eine umfassen, die Kosmologie, die Lehre von der Welt.

Alles in der Natur ändert sich, alles fließt, wie der alte griechische Philosoph Heraklit, der „dunkle“ (500 v. Chr.) sich ausdrückte, und doch

können diese Änderungen, so mannigfaltig, so verschiedenartig sie auf den ersten Blick erscheinen, nur zweierlei Art sein: Veränderungen des Stoffes, die von Veränderungen der Eigenschaften begleitet sind, und Veränderungen der Eigenschaften, diese im allgemeinsten Sinne gefaßt, ohne daß der Stoff dabei ein anderer wird.

Wenn der Schwefel verbrennt und unter mattblauer Flamme sich mit dem Sauerstoff zu einem neuen, stechend riechenden, die Verbrennung nicht unterhaltenden Gase verbindet, dem Schwefeldioxyd, der schwefligen Säure (Chemie, S. 86), so ist dies eine chemische, eine stoffliche Veränderung; wenn das Eis zu Wasser schmilzt, der Schwefel in höherer Temperatur unter Ausschluß der Luft durch Erhitzen zum Verdampfen gebracht wird, wenn ein Körper seinen Ort verändert, Wasser ausfließt, erwärmte Luft emporsteigt, so sind dies Änderungen der Eigenschaften, physikalische Veränderungen. Die allgemeinen Gesetze dieser Veränderungen bilden den Inhalt der Chemie und Physik, die Resultate werden nicht nur durch Beobachtung, sondern unter steter Heranziehung des Versuches gewonnen, und alle Resultate, alle Behauptungen dieser Wissenschaften sind jederzeit durch den Versuch kontrollierbar. Man hat diese beiden Naturwissenschaften daher als experimentelle, exakte bezeichnet, wenngleich keine Naturwissenschaft mehr des Experimentes, des Versuches, entbehren kann. Die physikalischen und chemischen Veränderungen können an jedem Naturkörper stattfinden. Bei dem Atmen findet ein chemischer Prozeß statt, physikalische Kräfte, Wärme, Licht, bedingen das Leben und die Veränderungen der Organismen. Die Bewegungen der Gestirne gehen nach physikalischen Gesetzen vor sich.

Diesen Naturwissenschaften gegenüber, die man allgemeine oder experimentelle genannt hat, unterscheidet man eine zweite Gruppe, die man früher zum Teil als beschreibende oder deskriptive zu bezeichnen pflegte; zu diesen gehören Zoologie und Botanik, denen man die Mineralogie anschloß.

Naturdinge mit besonders gestalteten, zu besonderen Zwecken — die man als der Erhaltung des Individuums (Nahrungsaufnahme) oder der Erhaltung der Art (Fortpflanzung) dienende zusammenfassen kann — bestimmten Teilen ohne freiwillige Bewegung nennen wir: Pflanzen, und die Wissenschaft von denselben: Pflanzenkunde oder Botanik.

Aber es giebt noch viele Naturdinge, die ebensowenig ihrer ganzen Masse nach gleichartig sind wie die Pflanzen, die gleich diesen mit besonders gestalteten Teilen ausgestattet sind, welchen besondere Verrichtungen obliegen, in deren Innerem eigentümliche Bewegungen stattfinden und die wir dennoch nicht zu den Pflanzen zählen.

Sie unterscheiden sich von diesen dadurch, daß sie einer freien, äußeren Bewegung fähig sind, wodurch sie nicht allein die Lage und Stellung ihrer einzelnen Teile verändern können, sondern auch imstande sind, sich von einem Orte nach dem anderen zu begeben, ihre Stelle zu wechseln.

Naturdinge mit besonders gestalteten, zu denselben Zwecken wie bei den Pflanzen dienenden Teilen, die aber freiwilliger Bewegung fähig sind, heißen Tiere und die Wissenschaft von denselben wird Tierkunde oder Zoologie genannt.

Diese enge Begrenzung hat man vollständig fallen lassen, jede der betreffenden Naturwissenschaften hat es auch mit den Veränderungen der betreffenden Naturkörper zu thun, in jeder dieser Naturwissenschaften wird nicht nur beobachtet, sondern auch experimentiert. In der *Botanik* untersucht man z. B. den Einfluß des Lichtes auf das Wachstum, auf die Entwickelung des Blattgrünes, des Chlorophylls; in der *Zoologie* werden nicht nur die Tierformen beschrieben und in ein System gebracht, es wird beispielsweise auch die Abhängigkeit der Organe von den Bedingungen der Umgebung untersucht, und in der *Mineralogie* wird u. a. die chemische Analyse sowie das Wachstum der Krystalle, die künstliche Herstellung von Mineralien einen Hauptgegenstand der Untersuchung bilden.

Man faßt daher die Botanik und Zoologie unter dem weiteren Ausdruck *Biologie*, Lehre vom Leben der Tiere und Pflanzen, zusammen, und in jeder der einzelnen Wissenschaften kann man nach dem Gesichtspunkt, unter dem die Naturdinge betrachtet werden, eine große Reihe von naturwissenschaftlichen Zweigen unterscheiden: die *Physiologie* ist die Lehre von den Lebenserscheinungen der Tiere und Pflanzen (Blutumlauf, Atmung, Ernährung, Fortpflanzung), die *Anatomie* vermittelt die Kenntnis vom inneren Bau, die *Morphologie* die der äußeren Gestalt. Dazu kommen noch die Naturwissenschaften, welche nur einen Teil der Organismen umfassen, wie die *Ornithologie* und *Entomologie* (Lehre von den Vögeln, den Insekten).

Zu dieser Gruppe von Naturwissenschaften, den besonderen, gehört auch die *Geographie*, die schon längst nicht mehr lediglich eine Erdbeschreibung ist, sondern zur *Erdkunde* sich entwickelt hat; auch nicht mehr Dienerin der Geschichte sein darf, denn die geschichtlichen Änderungen der Menschheit lassen nur wenige Spuren zurück und die Einprägung der Örtlichkeit hat nur den Wert der Orientierung.

Die Verhältnisse unserer Erde sind so verschiedenartig, daß eine ganze Reihe von Naturwissenschaften aufs engste mit der Geographie im Zusammenhange steht und auch bei dieser eine große Anzahl von Unterabteilungen zu unterscheiden ist. Die *Geologie* handelt von den Veränderungen der Erde (Wirkungen der Flüsse, der Vulkane, Erdbeben, Entstehung der obersten Erdschichten). Die *Geognosie* (Erdkenntnis) lehrt den Aufbau der Erdrinde kennen, die Schichten und ihre Anordnung, ihr Alter, ihre Verbreitung. Die *Mineralogie* und die Lehre von den Gesteinen, die *Petrographie*, sind notwendige Hülfswissenschaften, deren Stellung im folgenden ausführlicher dargelegt wird. Die *Hydrographie* handelt von den physikalischen und chemischen Verhältnissen der Wasseransammlungen und ihrer Wirkung auf das Feste. Die *Orographie* ist die Gebirgslehre. Die Stellung der Erde unter den Gestirnen wird in der *mathematischen Geographie* gelehrt und diese führt uns zur *Astronomie*, zur Kenntnis der Gestirne selbst. Welche Fülle von Wissenschaften!

Und nun schließen sich die Anwendungen dieser Wissenschaften hier an: die *Technik* im weitesten Sinne des Wortes. Die *Medizin* ist die Anwendung der Kenntnis der Naturwissenschaften zur Heilung der Krankheiten. Die *Agrikulturwissenschaft* lehrt, daß der Betrieb der Ackerwirtschaft von bestimmten chemischen und physikalischen Eigenschaften des Bodens abhängig ist. Die *Elektrotechnik* ist die Anwendung der Elektricitätslehre, die *Ingenieur*-

wissenschaft beruht auf der Kenntnis der Gesetze der Mechanik und Physik. Die Nautik (Schiffahrtskunde) bedarf der Astronomie u. s. f. Die Technik hat sich auf wissenschaftlicher Grundlage zu ihrer jetzigen Höhe entwickelt und fördert wiederum die Wissenschaft, indem sie die Behandlung von Fragen hervorruft, deren Lösung für ihre weitere Entwickelung Bedürfnis ist.

Hiernach möge eine Übersicht der Naturwissenschaften aufgestellt werden, die weder erschöpfend noch scharf trennend in Beziehung auf die einzelnen Teile sein kann noch soll.

Allgemeine Naturwissenschaften.

Physik, Chemie.

Allgemeine Naturwissenschaften in Beziehung auf bestimmte Naturkörper.

Anatomie, Physiologie, Geologie, Geographie.

Besondere Naturwissenschaften.

Mineralogie, Geognosie, Botanik, Zoologie (Biologie), Astronomie.

Besondere Zweige einzelner Naturwissenschaften, die sich aus der obigen Ordnung ergeben.

Anatomie, Morphologie, Krystallographie, Bakteriologie, Anthropologie, Petrographie u. a. mehr.

Die mehr und mehr sich ausdehnenden neuen Forschungen auf dem Gebiete der Naturwissenschaften haben in Deutschland schon seit langer Zeit Werke entstehen lassen, die unter den Namen Fortschritte, Jahresberichte, Jahrbücher alle litterarischen Erscheinungen eines bestimmten Gebietes behandeln, und in denen die in Betracht kommenden Arbeiten dem Inhalte nach kurz wiedergegeben werden. Es werden dabei nicht bloß die deutschen Staaten berücksichtigt, sondern alle Länder, welche eine wissenschaftliche Produktion aufweisen. Aber diese Vorkehrungen werden für die Zukunft nicht ausreichen, einen vollständigen Überblick, einen zuverlässigen Katalog der jährlichen naturwissenschaftlichen Arbeit zu gewinnen.

Die Gefahr, daß „die Wissenschaft ihre Kinder verschlingt“, daß vieles von der geistigen Produktion wieder verloren geht oder nicht beachtet wird, daß eine immer größere Zersplitterung eintritt, ist sehr groß.

Die Fachzeitschriften, auch wenn sie Auszüge aus den wichtigsten Arbeiten des Einzelgebietes bringen, sowie die Referierjournale, deren Bestreben ist, die wichtigsten Arbeiten auf allen Gebieten möglichst bald nach ihrer Veröffentlichung in leicht faßlicher Darstellung zugänglich zu machen, werden auf die Dauer nicht ausreichen, und so haben sich englische Gelehrte entschlossen, einen internationalen Katalog der gesamten Naturwissenschaften anzubahnen.

Leicht lassen sich verschiedene Einteilungen finden; eine solche in drei Hauptgruppen möge folgen, doch dient diese Einteilung der sämtlichen Wissenschaften in drei Gruppen nur der allgemeinen Übersicht: Gruppe I (mathematisch-astronomische Gruppe) umfaßt diejenigen Wissenschaften, bei denen die mathematische Behandlung oder die systematische Beobachtung (in Ob-

servatorien ꝛc.) wesentlich hervortritt, — bei der Gruppe II (physikalisch-chemische Gruppe) spielt die Einzelbeobachtung bezw. das Experiment die charakteristische Rolle, — Gruppe III umfaßt die biologischen Wissenschaften. Innerhalb der Gruppen sind die Wissenschaften so geordnet, daß nach Möglichkeit eine stetige Reihenfolge hervortrit.

I. Mathematisch-astronomische Gruppe.

A. Reine Mathematik.
B. Mechanik.
C. Geodäsie und mathematische Geographie.
D. Astronomie.
E. Geophysik und Meteorologie.

II. Physikalisch-chemische Gruppe.

F. Physikalische Geographie.
G. Geologie.
H. Mineralogie (einschließlich Krystallographie u. Petrographie).
J. Physik.
K. Chemie.
L. Physikalische Chemie und das Wesen der Materie.

III. Biologische Gruppe.

M. Allgemeine Biologie.
N. Botanik
O. Zoologie.
P. Anthropologie.

Im Anschluß hieran möge die specielle Einteilung der physikalischen Geographie, sowie der Geologie folgen, ebenso die der Mineralogie und Petrographie; aus den einzelnen Gruppen in dem nachstehenden Teile sollen nur die wichtigsten Thatsachen in anderer Reihenfolge in möglichst anschaulicher Weise mitgeteilt werden.

(F.) Physikalische Geographie.

Viele Zweige der Geographie gehören, wie oben angedeutet, bestimmten Zweigen der Naturwissenschaft und Mathematik an: Geodäsie und mathematische Geographie der Mathematik, Geophysik und Meteorologie der Geologie und Physik. Die geographische Verbreitung der Objekte (Phytogeographie, Zoogeographie, Anthropogeographie u. s. w.) ist bei den entsprechenden Disziplinen (Botanik, Zoologie, Anthropologie u. s. w.) zu behandeln. Reisen und Sammelwerke werden bei allen Wissenschaften aufgeführt werden müssen, zu denen sie Beiträge liefern.

Die Veröffentlichungen werden sich folgendermaßen gruppieren lassen:

Allgemeines:

Bibliographie.
Zeitschriften.
Geschichte und Biographie.
Kongresse.
Pädagogik.
Namenbildung.
Beobachtungen physikalisch-geographischer Natur auf Reisen.
Zusammenfassende Arbeiten.

Theorie der Erdbildung: Änderung der Klimate (Erdsysteme).

Hydrographie:

Oceanographie.
Physik der fließenden Gewässer.
Physik der Seen.
Physik der Quellen.

Glaciologie: Schnee, Eis, Gletscher.
Physik der Atmosphärilien: Äolische Wirkungen. — Verwitterungen.
Geothermik.
Hebungen und Senkungen: Niveauverschiebungen.
Vulkanologie und Seismologie.
Orographie (Höhenmessungen): Orogenie z. T. (vergl. auch bei G. unter Geognosie).
Küsten-, Ufer-, Inselbildung.
Physik der organogenen Erdbildungen: Korallen, Moore &c.

(G.) Geologie.

Allgemeines:

Lehrbücher.
Zeitschriften.
Geschichte und Biographie.
Pädagogik.
Museen, Sammlungen, Kataloge.
Karten.

Geologische Landesaufnahmen (den Ländern nach zu ordnen).

Physikalische Geologie:

Änderungen durch erhöhte Temperatur (plutonisch).
Neptunische und äolische Änderungen.
Organische und industrielle Änderungen (z. B. Tunnelbau).

Chemische Geologie:

Wirkungen der Atmosphärilien.
Geologische Neubildungen.
Petrefaktologie.

Geognosie:

Struktur, Schieferung, Lagerung, Verwerfung, Stratigraphie.
Spalten, Thäler.
Höhlen.
Gebirge, Horste.
Orogenie.

Formationslehre:

Allgemeines.
Archäische Bildungen.
Paläozoische Formationen (Primär): Kambrisch. Unteres Silur. Oberes Silur. Devon.
Dyas (Postprimär): Karbon. Rotliegendes.
Mesozoische Formationen (Sekundär): Trias, Jura, Kreide.
Känozoische Formationen (Tertiär): Eocän und Oligocän. Miocän und Pliocän.
Pleistocän und Alluvium.

Verbreitung der Formationen (nach Ländern).
Internationale Benennungen.

(H.) Mineralogie (einschließlich Krystallographie und Petrographie).

Allgemeines:

Lehrbücher.
Zeitschriften.
Pädagogik.
Geschichte und Biographie.
Namenbildung.

Morphologie (Krystallographie):

Systeme (Allgemeines).
Berechnung und Bezeichnung.
Projektion, Zeichnungen und Krystallmodelle.
Theorie der Krystallstruktur.
Unregelmäßigkeiten.
Winkel- und Flächengestaltung.
Natürliche und künstliche Krystalle.
Aggregationen.
Pseudosymmetrie und optische Anomalien.
Umbildungen.
Krystallform und chemische Zusammensetzung.
Pseudomorphose.
Isomorphismus, Polymorphismus, Morphotropie.
Einzelne Krystallsysteme.

Physikalische Eigenschaften der Mineralien:

Kohäsionseigenschaften, Härte, spec. Gewicht, Biegsamkeit ꝛc.
Struktur, Blätterdurchgänge.
Optische Eigenschaften (Farbe, Glanz, Durchsichtigkeit ꝛc.).
Thermische Eigenschaften.
Elektrisch-magnetische Eigenschaften.

Chemische Eigenschaften der Mineralien:

Verhalten in hoher Temperatur (Lötrohr).
Verhalten gegen chemische Agentien.
Zusammensetzungen, Formeln, Darstellungen.
Systeme.

Systematik:

Metalloide.
Metalle.
Sulfide, Arsenide, Antimonide, Sulfosalze.
Oxyde, Hydroxyde.
Haloide.
Nitrate, Borate.
Karbonate und Sulfate.
Chromate, Molybdate, Wolframate.
Phosphate, Arseniate, Vanadinate.
Silikate.
Titanate, Tantalate, Niobate.
Organoide.

Da kein System allgemein angenommen ist, könnte man indes ebenso gut die Einzelmineralien in alphabetischer Reihenfolge aufzählen und besprechen.

Bestimmung von Mineralien.

Neue Mineralien. Beschreibung der Mineralien.

Mineralgeographie und Bergbau.

Meteorite: Struktur, Mineralien derselben.

Petrographie:

Allgemeines.
Struktur.
Krystallinische Gesteine, Entstehung, Bedingungen dafür, metamorphische Schiefer.
Plutonische Gesteine (geordnet nach Familien: Granite, Porphyre ꝛc.).
Sedimentgesteine (Bildung, Familien, Vorkommen und geographische Verbreitung).
Künstliche Gesteinsbildung.
Gesteinsbildung der Jetztzeit.

Alle diese Einteilungen dienen vorwiegend bibliographisch rein wissenschaftlichen Zwecken; bei größeren Büchern können sie indes immerhin auch zu Grunde gelegt werden, während für die Zwecke eines kurzen Lehrbuches diese Einteilungsweise nicht geeignet ist.

Einleitung.

Die **Mineralogie** [1]) ist die Wissenschaft von den Mineralien.

Dieselben erscheinen insofern gleichartig, als am Mineral ein Teil dem anderen vollkommen gleich ist. Niemals trifft man an demselben jene eigentümlichen Gebilde, welche Organe heißen und bei Pflanzen und Tieren gewisse Zwecke erfüllen, die notwendig sind, damit der Gegenstand als solcher bestehe. Daher heißen die Minerale auch unorganische Körper. Es ist darum in der Hauptsache einerlei, ob wir große oder kleine Massen eines Minerals betrachten. Ein faustgroßes Stück Quarz giebt uns eine ebenso gute Vorstellung von dessen besonderen Eigenschaften wie ein großer Block, wie ein Quarzberg. Ein Bergkrystall, der 1 mm lang ist, erscheint ebenso vollkommen wie ein anderer, der die Länge eines Decimeters hat.

Die ganze Erdmasse besteht, wie in der Chemie dargelegt ist, nur aus wenig einfachen Stoffen oder Elementen, ungefähr 75. Infolge ihrer chemischen Verwandtschaft sind diese in mannigfachster Weise miteinander verbunden, und nur selten als einfache Stoffe anzutreffen. Geht man von dieser Betrachtung aus, so ist die Mineralogie zunächst nichts anderes, als die Lehre von den in der Natur vorkommenden chemischen Elementen und ihren unorganischen Verbindungen. In der That ist dieses auch teilweise der Fall, und in der Chemie haben wir eine Anzahl solcher natürlicher chemischer Stoffe besprochen und auf andere hingewiesen.

Von den 73 bis 76 Elementen und ihren Verbindungen kommt der größere Teil nur selten in größeren Mengen in der Natur vor und hat für den Bau der Erdoberfläche und im menschlichen Leben keinerlei Wichtigkeit.

In der großen Werkstatt der Natur wirkte auf die Elemente und ihre Verbindungen nicht allein die chemische Anziehung. Eine Menge von Kräften und Einflüssen trat mit oder nach derselben auf, und so treffen wir auf Reihen mineralischer Gebilde, die sich vom chemischen Gesichtspunkte allein weder an sich, noch im Verhältnis zu anderen auffassen und erklären lassen.

Die Mineralien sind durch und durch stofflich gleichartig, homogen, und bilden einen Bestandteil unserer Erdoberfläche; in diesem Sinne müßten auch flüssige und gasförmige Körper als Mineralien angesehen werden, man

[1]) Eine Verdeutschung ist hier nicht möglich, da für Mineral kein Wort deutscher Abstammung vorhanden ist; weder das Wort Stein noch Gestein deckt den Begriff des Minerals.

schließt aber die Gase (Luft u. s. w.) von vornherein aus, und viele rechnen auch das Wasser nicht zu den Mineralien; die Eigenschaften desselben werden zudem in der Chemie und Physik hinlänglich dargelegt. Andere Flüssigkeiten dagegen, wie Petroleum, Naphtha, werden zu den Mineralien gezählt. Bei diesen Körpern trifft indeß die Bezeichnung unorganisch nicht zu, diese Stoffe stammen vielmehr von organischen Körpern, von Organismen, wie die Kohlen, die auch einen Bestandteil der Erdrinde ausmachen und fast homogener Natur sind. Diese, wie auch Polirschiefer, Bernstein, sind keine Mineralien im engeren Sinne (Fossilien, ausgegrabene Körper). Auch diejenigen unorganischen Körper, welche künstlich hergestellt sind, oder welche durch Absonderungen (Sekretionen und Konkretionen) von Organismen gebildet werden (chlorsaures Kali u. s. w.; Muscheln, Schneckenschalen, Knochen u. s. w.) werden nicht zu den Mineralien gerechnet.

Die Anorganologie, die Lehre von den anorganischen Körpern, ist ein viel umfassenderes Gebiet, das aber als gesonderte Wissenschaft nicht behandelt wird, da die Nichtmineralien in anderen gesonderten Wissenschaften, Chemie, Physiologie, Anatomie, behandelt werden. — Die meisten Mineralien kommen nur in außerordentlich geringer Menge auf unserer Erde vor. Die Mengen Gold, Silber, Diamant, Granat, Korund, welche sich in der Erde finden, spielen der Menge nach, mit der Gesamtmasse des Materials verglichen, keine Rolle, während andere Mineralien ganze Gebirgszüge bilden, wie das Mineral Calcit als Kalkstein. Man hat diese Art Vorkommen zum Inhalte einer besonderen Wissenschaft gemacht, der Petrographie, Lehre von den Gesteinen.

Viele Mineralien haben aber auch mannigfache Umwandlungen erlitten, sie sind verwittert, zertrümmert, und aus diesen sind neue Körper entstanden, wie der Thon aus den Feldspaten, oder es sind bei der Bildung unserer festen Erdrinde gleichzeitig mehrere Mineralien in mehr oder weniger innigem Gemenge zur Entstehung gekommen (Granit), so daß diese „Gesteine" nicht gleichartig beschaffen, sondern aus verschiedenen Mineralien zusammengesetzt sind; auch diese Körper werden in der Petrographie betrachtet.

Unter Gesteinen versteht man diejenigen unorganischen Körper, welche einen wesentlichen Bestandteil der Erdrinde ausmachen, gleichviel, ob sie homogen sind oder nicht. Der Quarz wird in der Mineralogie ebensogut zur Besprechung gelangen wie in der Petrographie: er ist homogen und ein Hauptbestandteil der Erdrinde. Der Granit wird nur in der Petrographie zur Betrachtung kommen, da er nicht homogen ist (er besteht aus den Mineralien: Quarz, Glimmer und Feldspat), das Gold nur in der Mineralogie, da es in äußerst kleinen Mengen vorkommt und nie gebirgsbildend auftritt. In vielen Fällen ist eine scharfe Grenze nicht zu ziehen. Das bekannte, gelbe, metallisch glänzende Mineral Schwefelkies kommt in so großen Mengen auf der Erde vor, wie auch verschiedene Eisenerze, daß man es rechtfertigen könnte, diese Körper zu den Gesteinen zu zählen. Jedenfalls aber kann die Petrographie erst nach der Mineralogie eine Stelle finden. Sie steht zur Geologie und zu der Geognosie in der engsten Beziehung, denn die Veränderungen der Erdrinde und die Entstehung derselben, die Schichten und Lagerungen und ihre Aufeinanderfolge (welche den Gegenstand der

Geognosie, Erdkenntnis bilden) können nur nach Darlegung des Materiales, aus dem sich die Erde aufbaut, dargestellt werden.

In diesen Schichten finden sich außerdem Überreste der Tier- und Pflanzenwelt, die in früheren Perioden der Bildung unserer Erde vorhanden waren, Petrefakten (Versteinerungen). Dieses frühere organische Leben lehrt auf Grund dieser Überreste (Petrefaktenkunde) die Paläontologie kennen, die einen Teil der Geognosie ausmacht, aber auch der Lehre von der jetzigen Tier- und Pflanzenwelt angeschlossen werden kann, wie es im vorliegenden Fall geschehen ist (vergl. Das Buch der Natur, 1. Teil, S. 363). Die Mineralogie wird auch Oryktognosie[1]) genannt (Kenntnis des Ausgegrabenen).

[1]) Fast in keiner Wissenschaft ist das Bedürfnis, neue Namen zu bilden und die Benennungen dem Griechischen zu entlehnen, so groß gewesen, wie in der Mineralogie; es soll deshalb, abgesehen von den eingestreuten Bemerkungen über die Benennungsweise (Nomenklatur) ein kleiner Schlüssel zu derselben gegeben werden, der auch die übrigen Naturwissenschaften, welche im „Buch der Natur" dargelegt sind, mit berücksichtigt und als gesondertes Werk erscheint.

I. Allgemeine Mineralogie.

A. Gestalt der Mineralien.

Die erste Anforderung, die wir an die Mineralogie stellen, ist die, daß sie uns sichere Merkmale angebe, woran die Minerale sich erkennen und als besondere Arten bestimmen lassen. Von jeher hat man verschiedene Kennzeichen aufgestellt, wonach dieselben unterschieden und geordnet werden. Solche sind vorzugsweise: 1. die Gestalt, 2. die physikalischen und 3. die chemischen Eigenschaften der Minerale; — allgemeine Mineralogie. Erst nachdem man sich über diese verständigt hat, kann man beginnen, mit ihrer Hülfe die Beschreibung der einzelnen Minerale zu versuchen; — specielle Mineralogie.

Ein großer Teil dieser Eigenschaften gehört den allgemeinen Gesetzen nach, denen sie unterliegen, dem Gebiete der Physik und Chemie an, so daß vielfach auf diese allgemeinen Wissenschaften Bezug genommen werden muß, und die Ausführungen kurz sein können. Da die Hauptunterscheidungsmerkmale physikalischer oder chemischer Natur sind, wird die Mineralogie ohne einige Kenntnisse in diesen Gebieten nicht getrieben werden können. Läßt man diese beiseite, so wird die Mineralogie nur zur äußerlichen Anschauung benutzbar, wodurch sie aus der Reihe der Wissenschaften und von einer wissenschaftlichen Betrachtung ausgeschlossen sein würde; auch vermöchte sie dann nur geringes Interesse zu erregen und naturwissenschaftlich begründete Anschauungen nicht zu geben.

Vielfach nehmen wir wahr, daß die Körper, unorganische wie organische, ganz regelmäßige Gestaltungen annehmen.

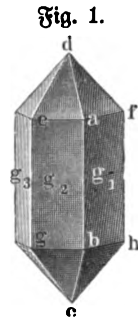
Der Zucker ist in solchen Formen als Kandis bekannt. Salpeterkrystalle lassen sich leicht erhalten, indem man viel Salpeter in einer bestimmten Menge von heißem Wasser löst und die Lösung erkalten läßt; im geschmolzenen Schwefel scheiden sich beim langsamen Erkalten langgestreckte, prismatische Formen ab.

Solche Körper (unorganische wie organische), die, von der Natur gebildet, von regelmäßigen Flächen begrenzt werden, heißen Krystalle; sie sind krystallisiert (Krystallisation, krystallisieren). Aber nicht immer bilden sich die Krystalle vollständig aus, die einzelnen sich ausscheidenden Krystalle hemmen sich, die Formen kommen nicht zur vollen Ausbildung, Krystallanhäufungen, Aggregate, und es kann die Hemmung so groß werden, daß man die eigentliche Form nicht mehr zu erkennen vermag, der Körper ist krystallinisch (Marmor, der gewöhnliche Stückenzucker). Die Art und Weise

dieses Aufbaues (der Struktur) kann sehr verschieden sein. Immer aber liegen bestimmte Formen zu Grunde und so sind diese ein sehr wichtiges und sicheres Erkennungsmittel der Minerale. Aber wie mannigfaltig sind diese Krystallformen! Man betrachte nur eine Sammlung von Mineralien und Hunderte verschiedener Formen werden dem Auge sich darbieten. Indessen lassen sich alle diese abweichenden Gestalten auf sechs Gruppen von Grundformen zurückführen, und diese bilden mit den daraus abgeleiteten Formen sechs Krystallfamilien oder Systeme, die den Inhalt einer besonderen Lehre, der Krystallographie (Krystallbeschreibung), ausmachen.

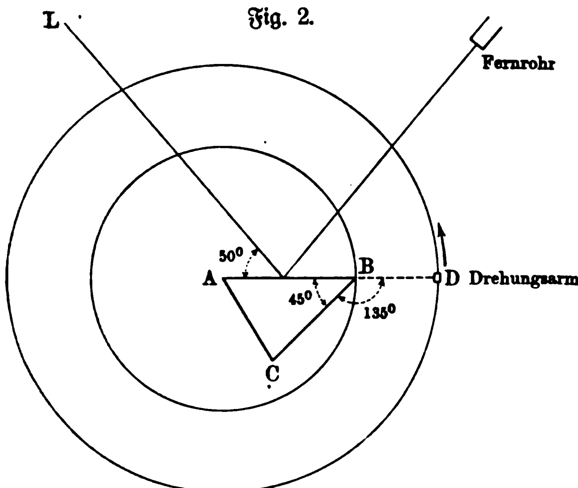
Bei einer jeden ausgebildeten Krystallform unterscheiden wir drei Hauptteile (Elemente) (Fig. 1). 1. Die Flächen (*g*). 2. Die Linien, unter denen sie sich schneiden, die Kanten (*a*, *b* 2c.) und die Winkel, welche die Flächen bilden, die Kantenwinkel. Die Kantenwinkel (z. B. Winkel, welchen $g_1 g_2$ bilden) mißt man durch ein Lineal mit Halbkreis. In dem Mittelpunkte desselben ist ein dreh- und verschiebbarer Arm angebracht. Man legt das Lineal gegen die Fläche g_2 und dreht den verschiebbaren Arm, bis dieser die Fläche g_1 berührt, und findet dann den Winkel [Anlegegoniometer (Winkelmesser); vgl. Schoedler, Buch der Natur, Astronomie: mathematische Vorbegriffe]. 3. Die Ecken (bei *c*, *d*, *g*), welche nach der Beschaffenheit und Anzahl der bildenden Kanten beschrieben werden. So ist bei *a* (ebenso *b*) eine vierkantige und ungleichkantige Ecke, während man leicht ersieht, daß bei *d* und *c* sich je eine sechskantige, gleichkantige Ecke befindet. Es giebt also drei Begrenzungselemente.

Fig. 1.



Für genauere Messungen dient das Spiegelgoniometer Es stellen in nachstehender Fig. 2 die Linien *AB* und *BC* den Schnitt durch zwei anstoßende

Fig. 2.



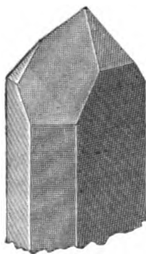
Krystallflächen dar, so daß der Winkel bei *B* der Kantenwinkel ist. Von einem leuchtenden Punkte *L*, der sich der Fläche *AB* gegenüber befindet, wird ein

Lichtstrahlbündel auf die Fläche AB geworfen, und das Fernrohr, das ebenfalls dieser Fläche gegenüber steht, so eingestellt, daß man den von der Krystallfläche gespiegelten Punkt erblickt. Der Krystall befindet sich auf einem Tischchen so angebracht, daß er gedreht und der Drehungswinkel abgelesen werden kann. Man sieht, daß der Kantenwinkel des Drehungswinkels die Ergänzung zu zwei Rechten ist, wenn man den Krystall so weit dreht, daß jetzt die zweite Fläche das Spiegelbild des Merkpunktes giebt, das im Fernrohre beobachtet wird.

Man denke sich den Arm BD um A gedreht, bis BC in Lage von AB kommt, so ist dieser Drehungswinkel DBC das Supplement des Krystallwinkels zu 180°, den man also durch Subtraktion findet, $ABC = 180 - 135 = 45°$.

Bewundernswert ist die Regelmäßigkeit der von der Natur gebildeten Krystallformen. Fig. 1 u. 3 zeigen uns die Abbildung eines aus Kieselsäure bestehenden Minerals, des sog. Bergkrystalls. Wir erkennen denselben als eine regelmäßige sechsseitige Säule, die oben und unten durch sechsseitige Pyramiden (Doppelpyramide) zugespitzt ist. Je zwei benachbarte Säulenflächen dieses Krystalls schneiden sich in einem Winkel von 120°, und je zwei nebeneinander liegende Pyramidenflächen in einem Winkel von 133° 44′. Solcher Beispiele höchst regelmäßiger Gestaltung könnten wir noch manche anführen. Allein weit häufiger begegnet man den Krystallen, bei welchen eine solche Vollkommenheit nicht vorhanden ist; mehr oder weniger erscheint dieselbe gestört, entweder durch mechanische Hindernisse, die geradezu die Ausbildung des Krystalls nach gewissen Richtungen nicht zu stande kommen ließen, was z. B. immer der Fall ist an der Stelle, wo derselbe aufsitzt, oder es haben unbekannte Ursachen Abweichungen hervorgerufen, die wie eine Verzerrung der eigentlichen Gestalt erscheinen. Als eine solche galt lange Zeit die in Fig. 3 abgebildete gewöhnliche Form des Quarzes, für die jedoch eine anderwärtige Auffassungsweise sich ergeben hat (vergl. Quarz).

Fig. 3.



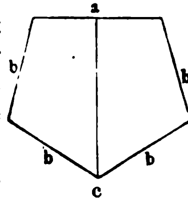
Man erkennt, daß die Flächen verschoben sind, und oft wird die Unregelmäßigkeit so groß, daß bei flüchtiger Betrachtung die Krystalle gar nicht dieselben Formen darzubieten scheinen. Auch sind die Krystalle oft nur zur Hälfte ausgebildet (beim Quarz z. B. sind nur die Pyramidenspitzen erkennbar), und andere Abweichungen von der Regelmäßigkeit treten ein (Krümmungen, Biegungen und Vertiefungen).

Bei Betrachtung der Krystalle sieht man ab von aller Störung in ihrer Ausbildung, man hält sich an die ideal-vollkommene Krystallgestalt.

Kein Krystall hat weniger als vier Flächen, vier Ecken und sechs Kanten; die meisten haben deren eine größere Anzahl. Die Flächen bieten eine große Mannigfaltigkeit je nach Zahl und Größe ihrer Seiten und Winkel. Wir begegnen dem gleichseitigen und gleichschenkligen Dreieck, dem Quadrat, dem Rhombus (der Raute), aber auch häufig den unregelmäßigen Dreiecken und Vierecken oder Trapezen. Auch kommt insbesondere noch das Deltoid vor, ein Viereck, Trapezoid, ohne parallele Seiten, bei dem je zwei nebeneinander liegende Seiten gleich sind (vergl. Fig. 20e in Schoedler, Buch der Natur, Astronomie: mathematische Vorbegriffe).

Eigentümlich ist es, daß das rechtwinklige Dreieck und das regelmäßige Fünfeck niemals an Krystallen auftreten, dagegen findet sich das symmetrische Fünfeck (Fig. 4) mit vier gleichen Seiten *b* und einer ungleichen *a*, das durch *ac* in zwei Hälften geteilt wird, die sich beim Zusammenklappen decken. — Gleichwertige oder entsprechende Begrenzungselemente sind solche, die in allen Stücken Übereinstimmung zeigen und die insbesondere in gleicher Entfernung von dem sogenannten Mittelpunkte des Krystalls sich befinden. Legen wir durch den Mittelpunkt desselben Linien, welche zwei gegenüberliegende Begrenzungselemente, also zwei Ecken, oder die Mitte zweier Flächen oder Kanten des Krystalls verbinden, so haben seine Flächen eine symmetrische Lage gegen diese Linien. Man nennt letztere die Achsen des Krystalls und legt sie bei der Beschreibung und Einteilung der Krystallgestalten zu Grunde. Die Verhältnisse der meisten Krystalle werden durch drei Achsen bestimmt; eine Reihe derselben hat jedoch vier Achsen. Ebenen, welche durch den Mittelpunkt gelegt werden, heißen Schnitte, und solche, welche durch zwei Achsen gelegt werden, Hauptschnitte.

Fig. 4.



Krystallachsen sind also Linien, durch welche die Lage der Flächen eines Krystalls bestimmt ist.

Wir sehen in Fig. 5 den regelmäßigen Achtflächner oder, wie er in der Folge genannt wird, das reguläre Oktaeder. Dasselbe hat acht Flächen,

Fig. 5.

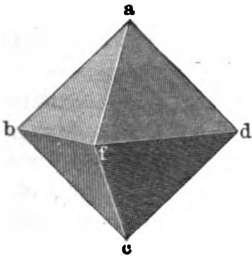
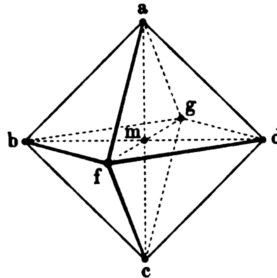


Fig. 6.



sechs Ecken und zwölf Kanten; Fig. 6 stellt das Achsensystem vor, welches dieser Krystallgestalt zu Grunde liegt. Es sind dies die drei gleichen und in ihrem Mittelpunkte *m* rechtwinklig sich schneidenden Linien *ac*, *bd* und *fg*. Sie bilden auf diese Weise ein sog. Achsenkreuz, welches die Zeichnung insofern unvollkommen darstellt, als die Achse *fg* verkürzt erscheint.

Zum Studium dieser Verhältnisse setzt man sich aus Stäbchen oder Drähten Modelle zusammen. Denken wir uns die Endpunkte des vorstehenden Achsenkreuzes durch Linien verbunden — was am Modell durch gespannte Fäden geschehen kann —, so stellen diese die Kanten des Oktaeders vor, welche, wie man sieht, acht kongruente und gleichseitige (regelmäßige) Dreiecke begrenzen; alle Ecken dieses Oktaeders sind einander vollkommen gleich und letzteres ist die Grundform des wichtigsten, des regulären „Krystallsystems“.

Gehen wir von dem Punkte *m* (Fig. 6) aus, so liegen bei diesem vier rechte Winkel. Man stelle sich vor, daß die Achse *fg* mit dem Punkte *f* dem Beschauer zugewandt ist. Nennt man die Länge einer Halbachse ($fm = bm = mc$) 1 oder *a*, so erkennt man, daß jede Fläche (z. B. *abf*) die Halbachsen im Endpunkte 1 oder *a* schneidet; die Fläche *abf* ist also, wie jede andere Oktaederfläche, durch das Achsenverhältnis 1:1:1 oder $a:a:a$ bestimmt; nimmt man die Halbachsen doppelt so lang, so erhält man ein anderes, größeres Oktaeder, dessen Achsenverhältnis $na:na:na$ ist, wenn *n* das vielfache angiebt; ist *n* eine Zahl, kleiner als 1, so entstehen kleinere Oktaeder, aber keine neuen Körper. Bei allen diesen Formen ist die Gestalt und Zahl der Flächen, Kanten und Ecken genau dieselbe, der Kantenwinkel stets 109° 28′ 16″. Man nennt die Länge der Achsen von ihrem Schnittpunkte an bis zum Schnittpunkte mit der Fläche auch Parameter. Die verschiedene Größe der Krystalle wird bei der Bezeichnung jedoch nicht berücksichtigt, das Verhältnis ist für alle Oktaeder $a:a:a$.

Man sieht leicht ein, daß diese Regelmäßigkeit sofort verschwindet, wenn in der Länge einer oder mehrerer Achsen oder in den Winkeln am Mittelpunkte die geringste Änderung eintritt.

Man giebt bei Betrachtung einer Krystallform immer einer ihrer Achsen die senkrechte Stellung und nennt dieselbe die Hauptachse. Da beim Oktaeder alle drei Achsen gleich sind, so ist es einerlei, welche man als Hauptachse nimmt. Die übrigen Achsen werden alsdann Nebenachsen genannt. In Fig. 6 ist sonach *ac* die Hauptachse; *bd* und *fg* sind Nebenachsen. In den folgenden Systemen, wo ungleiche Achsen vorkommen, wählt man als Hauptachse meist diejenige, welche größer oder kleiner ist als die Nebenachsen. Letztere liegen dann in einer Ebene, welche die Basis oder Grundebene des Krystalls heißt (*bfdg*).

In Hinsicht auf die Benennung der Begrenzungselemente ist noch zu bemerken: Die Seitenflächen sind parallel der Hauptachse (prismatische Gestalten); die Scheitelflächen laufen in den Endpunkten der Hauptachse zusammen; Endflächen sind solche, in deren Mittelpunkt die Endpunkte der Hauptachse liegen; Flächen, die ein und derselben Achse parallel sind, bilden zusammen eine Zone. Die Linien, in welchen zwei Flächen sich schneiden, heißen Kanten; sie bilden miteinander den Kantenwinkel. Die Polkanten laufen in den Endpunkten der Hauptachse zusammen und bilden daselbst die Polecken; die Seitenkanten sind der Hauptachse parallel; die übrigen Kanten heißen Mittelkanten (vergl. oben). Übungen an den nachfolgenden Formen werden zur Einprägung dieser Begriffe dienlich sein.

Im Übrigen ergeben sich diese Ausdrücke bei der Beschreibung der Krystallformen von selbst.

Man unterscheidet einfache Krystallformen, welche nur gleiche Flächen haben, — und zusammengesetzte Formen, deren Flächen verschieden sind und zwei oder mehr Gestalten angehören; letztere Formen werden auch Kombinationen genannt und entstehen aus den einfachen Formen, indem Teile von diesen nach bestimmten Gesetzen durch Schnitte hinweggenommen werden. Es geschieht dieses durch Abstumpfung der Ecken oder Kanten, oder durch

Zuspitzung und Zuschärfung derselben. Fig. 7 zeigt uns die Enteckung des Oktaeders durch den Würfel (Fig. 9), Fig. 8 die Entkantung des Oktaeders durch das Rhombendodekaeder (Fig. 10). Wird in beiden Fällen mit der Hinwegnahme fortgefahren, bis zum gänzlichen Verschwinden der Oktaederflächen, so bleibt im ersten Falle ein Würfel (Fig. 9) übrig, während aus der Entkantung

Fig. 7.

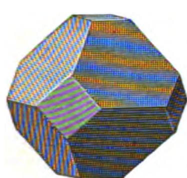


Fig. 8.

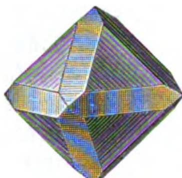


Fig. 9.

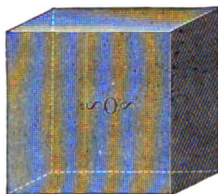
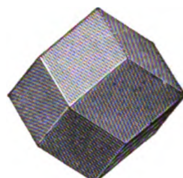


Fig. 10.



das Rhombendodekaeder (Rautenzwölfflächner) hervorgeht, eine der schönsten Krystallgestalten (Fig. 10). Auch erkennt man, wie bei Fig. 7, durch Wachsen oder Ausdehnung der Abstumpfungsflächen, bis zur gegenseitigen Durchschneidung der Würfel, Fig. 9, entsteht. Würfel und Rhombendodekaeder sind also einfache, vom Oktaeder abgeleitete und zum System desselben gehörige Gestalten; zugleich stellt Fig. 7 eine Kombination des Oktaeders mit dem Würfel dar. Stumpfen wir umgekehrt die acht Ecken des Würfels ab, so geht aus demselben wieder ein Oktaeder hervor.

Es fördert das Verständnis ungemein, wenn man sich aus Seife, Kartoffeln oder sonst passendem Material diese Gestalten schneidet und daran die erwähnten Schnitte ausführt. Auch lassen sich solche Versuche an Mineralien anstellen; es gelingt in der That, aus einem Krystallwürfel des Flußspats ein Oktaeder herauszuschlagen, und das innere Gefüge der Minerale entspricht diesen Beziehungen ihrer Krystallsysteme, so daß sie nach den entsprechenden Richtungen, welche Spaltungsflächen, Blätterdurchgänge heißen, sich vorzugsweise leicht trennen lassen. Auch aus einem Stück Steinsalz lassen sich ohne Schwierigkeit vollständige Würfel herausschlagen. Viele Mineralien zeigen solche Flächen geringsten Zusammenhanges, ohne daß eine vollständige Krystallform vorhanden zu sein braucht (Spaltbarkeit). Die Spaltbarkeit kann auch nur nach einer Fläche besonders ausgebildet sein (Gips als Marienglas).

Jedes Oktaeder läßt sich betrachten als eine vierseitige Doppelpyramide. Denken wir uns bei dem Oktaeder (Fig. 11) die Fläche *o* und die ihr gegenüberliegende hintere Fläche der oberen Pyramide nach allen Seiten sich ausdehnend, so werden dieselben in der Kante *ab* sich begegnen und schneiden. Wenn gleichzeitig dasselbe bei der Fläche *n* und der ihr gegenüberliegenden hinteren Fläche der unteren Pyramide stattfindet,

Fig. 11.

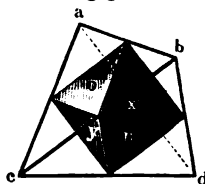
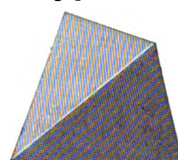


Fig. 12.



so werden sich diese vier wachsenden Flächen in den sechs Kanten *ab, ac, ad* und *bc, cd, db* schneiden und eine Pyramide (Fig. 12), das sog. Tetraeder

(Vierflächner), bilden. Auf solche Weise abgeleitete Gestalten werden Halbflächner oder Hemieder genannt, zur Unterscheidung von den Vollgestalten oder Holoedern.

Die Namen der Krystallgestalten werden durchgehends aus dem griechischen ἕδρα (=hedra), das Sitz oder Sitzfläche bedeutet, in Verbindung mit griechischen Zahlwörtern gebildet und bezeichnen somit die Anzahl der vorhandenen Flächen, z. B. Tetraeder[1]) (Vierflächner), Hexaeder (Sechsflächner), Oktaeder (Achtflächner), Dodekaeder (Zwölfflächner). Öfter wird den also gebildeten Namen die Bezeichnung der Art der vorhandenen Krystallflächen vorgefügt, z. B. Pentagondodekaeder (Fünfeckzwölfflächner), Rhombendodekaeder (Rautenzwölfflächner). Mitunter werden auch aus der Stereometrie entnommene kürzere Namen gebraucht, wie fast immer Würfel für Hexaeder; oder Namen, die von einem Mineral entlehnt sind, an welchem die betreffende Krystallform besonders ausgezeichnet auftritt, wie Granatoeder für Rhombendodekaeder, da der Granat diese Krystallgestalt zeigt.

Wie oben gezeigt, sind die Flächen einer Krystallgestalt durch das Verhältnis der Halbachsen (Parameter) bestimmt, das beim Oktaeder durch $a:a:a$ ausgedrückt ist, da jede Fläche gleiche Stücke der Achsen abschneidet. Anstatt dieser Bezeichnung nimmt man auch ein einziges Symbol O, woraus für das Hemieder, hier also das Tetraeder, die Bezeichnung $\frac{O}{2}$ folgen würde. Da man durch Wachsen der vier anderen Oktaederflächen (x, y 2c., Fig. 11) auch ein Tetraeder erhalten wird, das sich nur durch die Stellung unterscheidet, so hat man das Verhältnis durch $+\frac{O}{2}$ und $-\frac{O}{2}$ bezeichnet.

Beim Würfel finden wir dasselbe Achsenverhältnis wie beim Oktaeder allein die Endpunkte seiner Achsen liegen in der Mitte seiner Flächen. Man stellt den Würfel so, daß ein Quadrat parallel dem Beobachter gerichtet wird. Daher schneidet jede Würfelfläche nur eine Achse; die beiden anderen Achsen würde sie erst in unendlicher Entfernung schneiden, d. h. sie ist mit denselben parallel. Man setzt deshalb das Zeichen der Unendlichkeit (∞) vor die Achsen, welche von den Flächen der Krystallgestalt nicht berührt werden. Der Würfel erhält demnach die Formel: $a:\infty a:\infty a$ oder das Zeichen $\infty O \infty$.

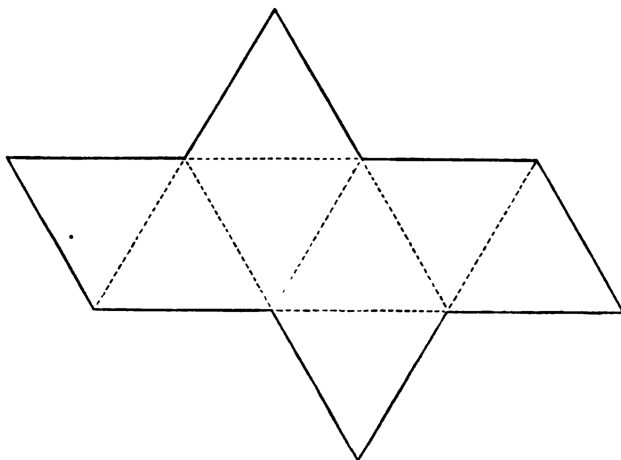
Bei den Systemen mit ungleichen Achsen werden diese mit verschiedenen Buchstaben bezeichnet, wozu noch Koefficienten für die Hauptachsen und Nebenachsen kommen.

Als Hülfsmittel des Studiums der Krystallographie dienen zunächst die Zeichnungen der Krystallgestalten. Die Ausführung derselben hat manche Schwierigkeit. Es liegt in der Natur der Sache, daß in der Zeichnung gewisse Teile verkürzt erscheinen und andere, nämlich die hinteren Flächen, verdeckt sind. Man verzichtet daher in der Regel auf eine durch Licht und Schatten gehobene, körperliche Abbildung und zeichnet die Krystalle, als ob sie vollkommen durchsichtige Körper wären, so daß die Kanten der Rückseite durch

[1]) Tetraeder = Tetraëder. Der Trennungspunkt wird häufig fortgelassen, wie auch im folgenden (Okta=eder 2c.) geschehen ist.

punktierte Linien angedeutet werden. Dabei stellt man die Hauptachse senkrecht, richtet eine Nebenachse auf den Beschauer, giebt ihr dann eine gewisse Drehung nach links und zeichnet hierauf die Gestalt nach den Regeln der Projektionslehre. Dieselbe lehrt auch die Entwerfung der sogen. **Krystallnetze**. Fig. 13 zeigt das Netz des Oktaeders. Man legt dasselbe auf weißen Karton, sticht mit einer Nadelspitze die Eckpunkte durch und trägt die Zeichnung über. Die ausgezogenen Linien werden ganz durchgeschnitten, die punktierten zur Hälfte. Die acht Flächen lassen sich jetzt aneinanderlegen und verkleben, und bilden das **Krystallmodell** eines Oktaeders.

Fig. 13.

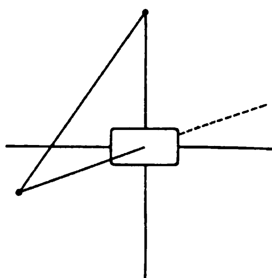


Solche Krystallnetze können auch käuflich bezogen werden (z. B. H. **Kopp**, Sechs Tafeln zu Krystallmodellen, Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn; und bei anderen Verlagshandlungen).

Ebenso benutzt man zur Veranschaulichung Krystallmodelle, die aus Holz, Pappe, Glas, Gips, Papiermaché angefertigt werden und zu billigen Preisen zu beziehen sind. Die oben angeführten Achsenmodelle reichen ebenfalls aus; man kann sich dieselben leicht anfertigen, indem man Drähte, an welchen an der Spitze Ösen angebracht sind, durch einen Kork stößt und die Enden durch Fäden verbindet. Nimmt man dünne Stäbchen, an denen die Fäden, welche durch Ösen befestigt sind, hin und her geschoben werden können, so kann man die meisten Krystallmodelle sich darstellen.

Auch in anderer noch einfacherer Form kann man sich die Achsen und die Gestalten darstellen. Nimmt man Stricknadeln oder Drähte und stößt sie durch einen Kork, so erhält man leicht ein Achsenmodell, bei dem die Achsen annähernd durch einen Punkt gehen (Fig. 14). Die Kanten werden durch Fäden, die an den Enden befestigt werden (z. B. mit Wachs), hergestellt.

Fig. 14.



Auch stereoskopische Krystallbilder vermögen für den Einzelbeschauer beim Betrachten durch ein Stereoskop die körperliche Form vollständig wiederzugeben. (Vergl. **Martius-Matzdorff**, Die Elemente der Krystallographie, mit stereoskopischer Darstellung der Krystallformen. Für höhere Lehr-

anstalten und zum Selbststudium. Mit 118 Figuren. Braunschweig, Friedr. Vieweg u. Sohn.)

Für die Bestimmung eines Krystalls ist die Kenntnis der Größe der an ihm auftretenden Winkel nötig. Bei größeren Krystallen können dieselben durch Anlegung eines Winkelmessers oder Handgoniometers (vergl. S. 5) gemessen werden. Bei sehr kleinen Krystallen geschieht dies vermittelst des Reflexionsgoniometers (S. 5).

Die Krystalle sind erst gegen Ende des 18. Jahrhunderts der wissenschaftlichen Betrachtung unterworfen worden. Hauy, ein Franzose, stellte das erste Krystallsystem auf. Eine wesentliche Weiterentwickelung erhielt die Krystallographie durch deutsche Mineralogen, von welchen Weiß, Mohs, Rose, Naumann und Hausmann vorzugsweise zu nennen sind. In vorherrschender Geltung ist das nachfolgende, von Weiß aufgestellte System, mit mehrfachen nachträglichen Modifikationen und Ergänzungen in Benennung und Bezeichnungsweise; in neuerer Zeit wird auch wohl eine viel größere Zahl Systeme unterschieden, die sich aber auf die nachstehenden beziehen lassen.

B. Krystallographie.

Übersicht der Krystallsysteme.

A. Systeme mit horizontaler Basis.

a. Mit drei Achsen, die sich sämtlich unter rechten Winkeln halbieren.
   1. Alle Achsen sind gleich: Reguläres System, oder Tesseral-, d. i. Würfelsystem.
   2. Nur zwei Achsen sind gleich: Quadratisches System.
   3. Alle Achsen sind ungleich: Rhombisches System.

b. Mit vier Achsen; drei gleiche Nebenachsen halbieren sich unter Winkeln von 60° und sind senkrecht zur Hauptachse, die größer oder kleiner ist.
   4. Hexagonales System.

B. Systeme mit schief liegender Basis.

c. Alle drei Achsen sind ungleich; eine oder beide Nebenachsen schneiden die Hauptachse schiefwinklig.
   5. Zwei Achsen schneiden sich schiefwinklig und beide werden von der dritten Achse rechtwinklig geschnitten. Monoklines oder Klinorhombisches System.
   6. Alle Achsen schneiden sich unter schiefen Winkeln: Triklines oder Klinorhomboidisches System.

Die Krystallsysteme haben verschiedene Namen erhalten, die zusammengestellt werden mögen, da sie zum Teil noch in Gebrauch sind.

1. Das tesserale System, das tessulare, reguläre, isometrische System.
2. Das tetragonale System (Tetragonal-System), das viergliedrige oder zwei- und einachsige, das pyramidale, das monodimetrische, das quadratische System.

3. Das rhombische, ein- und einachsige, orthotype, orthorhombische, prismatische, anisometrische System.
4. Das hexagonale, sechsgliedrige, drei- und einachsige, rhomboedrische, monotrimetrische System.
5. Das klinorhombische, monokline, das monosymmetrische, zwei- und eingliedrige, augitische, hemiorthotype System.
6. Das anorthische, trikline, klinorhomboidische, anorthotype, ein- und eingliedrige System, das asymmetrische, triklinoedrische System.

Man erkennt, daß bei den Systemen mit schiefliegender Basis sich von selbst ein drittes ergiebt, das dikline (hemi-anorthotype, diklinorhombische) System. Diese Krystalle sind zu beziehen auf drei ungleich lange Achsen, von denen zwei sich unter schiefen Winkeln schneiden, während die dritte auf einer der beiden Achsen rechtwinklig, auf den anderen schiefwinklig steht. In der Natur, im Mineralreich, kommt dieses System nicht vor.

Man kann die sechs Systeme verschiedenartig gruppieren in drei- und vierachsige oder nach den Hauptachsen:

I. Krystalle mit drei Hauptachsen, die gleichartig sind, mit drei Hauptsymmetrieebenen: reguläres System.
II. Krystalle mit einer Hauptachse (einer Hauptsymmetrieebene) tetragonales, hexagonales System.
III. Krystalle ohne Hauptachse (ohne Hauptsymmetrieebene), rhombisches System (drei Symmetrieebenen), monoklines System (eine Symmetrieebene), triklines System (überhaupt ohne Symmetrieebene).

I. Systeme mit drei Hauptachsen.

1. Tesserales System, reguläres System.

In diesem System sind sowohl die Holoeder, wie die Hemieder besonders ausgeprägt. Die häufigsten und schönsten Krystallformen gehören diesem System an.

Zu den Holoedern gehören:

1. das Oktaeder, 2. der Würfel oder das Hexaeder, 3. das Rhombendodekaeder (Granatoeder), dann drei Vierundzwanzigflächner: 4. das Triakisoktaeder (dreimal Achtflächner, Pyramiden-Oktaeder), 5. das Deltoid-Ikositetraeder oder auch Ikositetraeder genannt, 6. das Tetrakishexaeder (vierfach Sechsflächner, Pyramidenwürfel), und 7. der Achtundvierzigflächner, Tetrakontaoktaeder, Hexakisoktaeder (sechsmal Achtflächner.)

Man kann sich diese komplizierten Gestalten leicht einprägen, indem man in der Vorstellung das Oktaeder in der oben S. 8 gegebenen Weise sich so aufgestellt denkt, daß die eine horizontal gestellte Achse *AB* (Fig. 15 a. f. S.) dem Beobachter zugewandt ist, während die zweite horizontal parallel, die dritte vertikal parallel dem Beobachter gestellt wird. Entsprechend sind alle übrigen Formen

aufgestellt zu denken. Man bestimmt dann die Körper sofort, sowie die Lage der Achsenendpunkte bekannt ist.

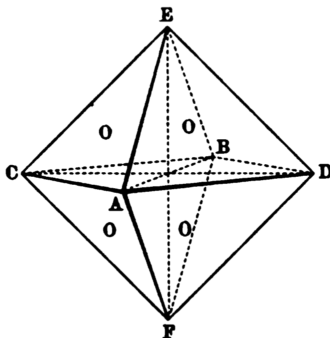


Fig. 15.

1. Das Oktaeder (z. B. Magneteisen, Alaun, Salmiak, Spinell, Flußspat, krystallisieren in dieser Form). *AB* (Fig. 15) sei dem Beobachter zugewandt. Das Oktaeder wird begrenzt von acht gleichseitigen kongruenten Dreiecken, die sich in 12 gleichlangen Kanten schneiden, welche sechs vierkantige gleichkantige Ecken bilden, in denen die Achsenendpunkte (*AB*, *CD*, *EF*) liegen. Das Achsenverhältnis ist $a : a : a$, das Zeichen O.

2. Der Würfel, das Hexaeder, Fig. 16 (Mineralien in dieser Krystallform: Bleiglanz, Steinsalz, Flußspat.)

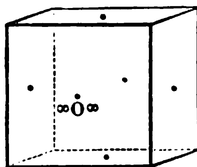


Fig. 16.

Hier und im Folgenden sind die Achsenendpunkte oft nur angedeutet und zwar zum Teil nur durch einen Punkt; auch mag die Beschreibung noch kürzer gefaßt werden.

Die Achsenendpunkte liegen in der Mitte der quadratischen Begrenzungsflächen (im Schnittpunkte ihrer Diagonalen). — Flächen: sechs kongruente Quadrate; Kanten: 12 gleichlange Kanten; Ecken: 8 dreikantige gleichkantige Ecken. Jede Fläche schneidet eine Achse in einem Endpunkte und ist den anderen beiden Achsen parallel (schneidet im Unendlichen). Achsenverhältnis $a : \infty : \infty$; Zeichen (Symbol) $\infty O \infty$.

Beide Gestalten in gleicher Ausbildung kombiniert geben nachstehende Form (Fig. 17); während bei der oben (S. 9) stehenden Figur 7 das Oktaeder

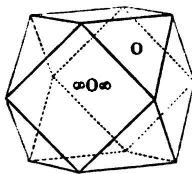


Fig. 17.

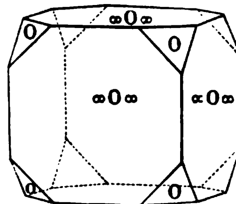


Fig. 18.

und in der vorstehenden Fig. 18 der Würfel mehr vorherrscht, herrscht bei Fig. 17 keine der beiden Formen vor.

Man pflegt bei der krystallographischen Symbolbezeichnung die des vorherrschenden Körpers voran zu schreiben: so $\infty O \infty$, O (Fig. 18), und oben O, $\infty O \infty$ (Fig. 7).

3. Das Rhombendodekaeder (Granatoeder, da der Granat in dieser Form krystallisiert), Rhombenzwölfflächner, Fig. 19.

Die Achsenendpunkte liegen in den vierkantigen gleichkantigen Ecken. Begrenzung: 12 gleiche Rhomben, 24 gleichlange Kanten; 2 Arten von Ecken,

Fig. 19.

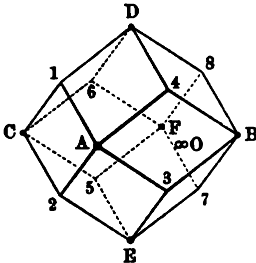
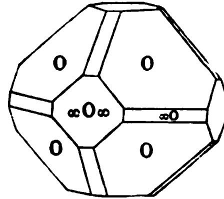


Fig. 20.

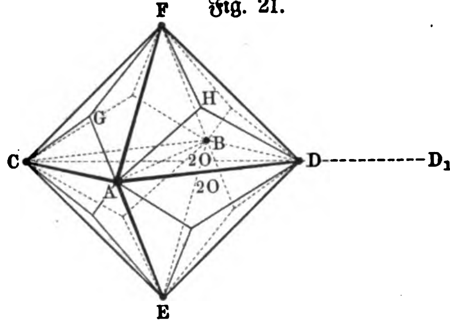


6 vierkantige und 8 dreikantige (bei 1. 2. 3. 4. ꝛc.). Jede Fläche, z. B. $A1$ $D4$, schneidet zwei Achsen in ihren Endpunkten AF und DE und ist der dritten CB parallel. Achsenverhältnis $a(1):a(1):\infty$. Zeichen ∞O. Hier ist die Kombination O, $\infty O \infty$, ∞O (Fig. 20), oben O, ∞O (S. 9) dargestellt.

Die drei Vierundzwanzigflächner. (Betreff der Flächenbezeichnung vergl. man auch die mathematischen Grundbegriffe für Astronomie.) Bei diesen Körpern gruppiert man sich die Flächen in Beziehung zu den Oktaederflächen und stellt sie genau entsprechend dem Oktaeder.

4. Das Triakisoktaeder, Pyramidenoktaeder. Die Achsenendpunkte sind AB, CD, EF (Fig. 21). Die Gruppierung der Flächen ergiebt sich zu je drei Dreiecken (pyramidenförmig) über einer Oktaederfläche, doch kann man auch das Rhombendodekaeder als Gruppierungskörper nehmen; es finden sich dann je zwei Dreiecke über einer Rhombendodekaederfläche, Dreieck (△) AGF und AHF über der Fläche $AHFG$, die einem ∞O angehört. Betrachtet man die Lage eines Dreiecks AHF (24 dieser Flächen umgrenzen den Körper), so sieht

Fig. 21.

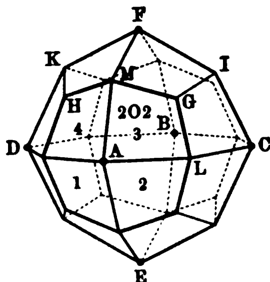


man, daß dasselbe die Achsen EF und AB in einem ihrer Endpunkte schneidet, also $a:a$, denkt man sich die Fläche AFH ausgebreitet, so erkennt man, daß sie gegen CD geneigt ist und CD über D hinaus in einer bestimmten Entfernung und zwar in $D_1 = 2a$ (der doppelten Halbachse) schneiden würde. Der Kantenwinkel von AF ist größer als beim Oktaeder, das Achsenverhältnis $a:a:2a$ und da die Neigung von FHA zu AFG anwachsen kann, wird das allgemeine Verhältnis werden $a:a:ma$, Symbol mO, und, fallen schließlich die beiden Flächen in eine Ebene, so wird $AHFG \neq$ der Achse CD, es entsteht ein Rhombendodekadeder ∞O. Entsprechendes gilt für alle übrigen Flächen. — Begrenzung: 24 gleichschenklige Dreiecke (AHF), zweierlei Kanten, 12 längere, den Oktaederkanten entsprechend AF, AD ꝛc., 24 kürzere AH, HF,

HD ꝛc. (8 × 3) Pyramidenkanten. Zweierlei Arten Ecken: 6 achtkantig ungleichkantige *A, B, F* ꝛc. und 8 dreikantige gleichkantige *H, G* ꝛc.

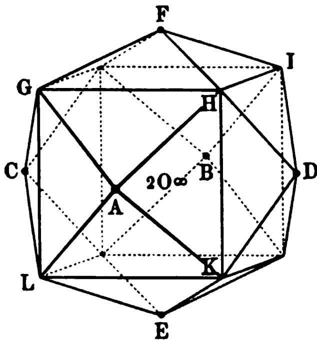
5. Das Deltoidikositetraeder (Fig. 22). Gruppierung: 3 Deltoide über einer Oktaederfläche. Achsenendpunkte *AB, CD, EF* in den vierkantigen Ecken *A, B, C, D, E, F*. Zweite Gruppierung: 4 Deltoide über einer Würfelfläche. Jedes Deltoid, z. B. *ALGM*, schneidet eine Achse *BA* im Endpunkte und bei Vergrößerung die beiden anderen in einer Entfernung, die ein Vielfaches der Halbachse *a* ist, hier 2. Achsenverhältnis $a:2a:2a$. Zeichen mOm. Denkt man sich die Schnittpunkte weiter und weiter entfernt, den Kantenwinkel mehr und mehr abgestumpft, so daß die Flächen 1, 2, 3, 4 in eine Ebene fallen, so erhält man den Würfel $\infty O \infty$. — Begrenzung: 24 gleiche Deltoide, zweierlei Kanten, dreierlei Ecken: 6 vierkantige Ecken (*F, D, A* ꝛc.), in denen die Achsenendpunkte liegen, entsprechend den Oktaederecken; 12 vierkantige Ecken (zwei und zwei kantige Ecken) über den Oktaederkanten (*K, M, I* ꝛc.) und 8 dreikantige gleichkantige Ecken über den Oktaederflächen (*H, G* ꝛc.); 24 längere Kanten *AM, MF* ꝛc. und 24 kürzere Kanten *MG, LG, IG* ꝛc.

Fig. 22.



6. Das Tetrakishexaeder, Pyramidenwürfel (Fig. 23). Achsenendpunkte in den vierkantigen, gleichkantigen Ecken *A, B, C, D, E, F*. Gruppierung: je 4 gleichschenklige Dreiecke über einer Würfelfläche. Lage eines jeden Dreiecks z. B. *AKL*: Dasselbe schneidet die Achse *AB* im Endpunkte *A*, die Fläche ist parallel der Achse *CD* und schneidet bei Erweiterung die Achse *EF* in einer Verlängerung von *EF*, hier in doppelter Entfernung der Halbachse, 2*a*, also Achsenverhältnis $a:\infty a:2a$ oder allgemein $a:\infty a:ma$; Symbol $\infty O m$, oder $m O \infty$. Begrenzung: 24 gleichschenklige Dreiecke; zweierlei Kanten (zusammen 36): 12 längere *GH, HI* ꝛc., den Würfelkanten entsprechend, 24 kürzere *AH, AG, AL, AK* ꝛc.; zweierlei Ecken: 6 vierkantige gleichkantige mit den Achsenendpunkten *AB, CD, EF* und 8 sechskantige (3 und 3 dreikantige) *G, H, K, L* ꝛc.

Fig. 23.



7. Der Achtundvierzigflächner (Tetrakontaoktaeder), Fig. 24 u. 25; Krystallform, die beim Diamant vorkommt. Die Achsenendpunkte liegen in den achtkantigen Ecken *A, B, C, D, E, F* (6 vier- und vierkantige Ecken). Gruppierung: 6 ungleichseitige Dreiecke über einer Oktaederfläche (Fig. 24, *AGI, GCI, CKI, FKI, FHI, AHI*, Hexakisoktaeder) oder 8 Dreiecke über einer Würfelfläche (angedeutet durch *MIOP* ꝛc.), je vier Dreiecke über einer Rhombendodekaederfläche (*AMCI*: *AMG, MCG, CIG, AIG*), je 2 Dreiecke über einer Fläche des Deltoidikositetraeders *CGIK*: *CGI* und *CKI*. Jede einzelne Fläche, z. B. *AGI*, schneidet eine Achse im Endpunkte, bei ihrer

Ausbreitung (man überzeugt sich davon bei dem Modell durch Anlegen eines Papierblattes) wird die eine Achse über *F* hinaus, die andere über *C* hin

Fig. 24.

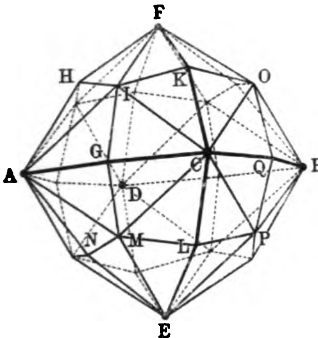
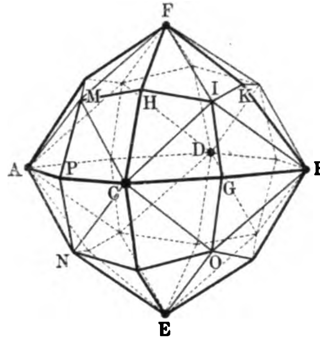


Fig. 25.



in einer anderen Entfernung, einem verschiedenen Vielfachen von *a* geschnitten. Achsenverhältnis $a:m:n$. Zeichen $m\,O\,n$.

Wie man sieht, lassen sich aus diesem 48-Flächner alle übrigen Gestalten des Tesseralsystems ableiten. Fallen die 4 Flächen um *G* in eine Ebene, so erhält man $\infty\,O$, die 8 Flächen um *C*, einen Würfel $\infty\,O\,\infty$, die 6 Flächen um *I*, *M* 2c., ein Oktaeder, die Flächen an der Kante *IC* 2c., ein Ikositetraeder $m\,O\,m$, die Flächen an den Kanten *IK*, *IH*, *IG*, ein Triakisoktaeder $m\,O$ und die Flächen an den Kanten *KC*, *GC*, *LC*, *QC*, einen Pyramidenwürfel $m\,O\,\infty$.

Man versuche nicht bei diesen Körpern die Zahl der Begrenzungselemente im einzelnen gedächtnismäßig festzuhalten, sondern übe, sich geistig das Bild der Gestalt in der angegebenen Stellung vorzustellen und an dem innerlich geschauten Bilde die Elemente unmittelbar abzuleiten. Man gelangt dazu, indem man zuerst am Modell in richtiger Stellung die Ableitung vornimmt (nur nach Gruppierung der Flächen) und dann das Modell entfernt und das Bild im Geiste an die Stelle treten läßt. Zur Übung vergl. Fig. 25, in welcher *CD* mit dem Körper etwas nach links gedreht ist. — Begrenzung des $m\,O\,n$ nach Oktaedergruppierung: je 6 ungleichseitige Dreiecke über einer Oktaederfläche $= 6 \times 8 = 48$ Flächen (*CKI*, *KFI*, *FHI* 2c.), 2×12 Kanten über einer Oktaederkante $= 24$ Kanten (*AH*, *HF* 2c.) (mittlere Kanten), je 6 Kanten zweierlei Art über einer Oktaederfläche $= 8 \times 3 = 24$ längere und $8 \times 3 = 24$ kürzere Kanten, von denen drei länger (*CI*, *FI*, *AI*), drei kürzer (*KI*, *HI*, *GI*) sind, also im Ganzen 72 Kanten, dreierlei Längen; ebenso dreierlei Ecken, Fig. 25.

6 achtkantige *F*, *E*, *C*, *D* 2c. (den Oktaederecken entsprechend),
12 vierkantige *H*, *G*, *P* 2c. (über den Oktaederkanten),
8 sechskantige *I*, *O*, *M* 2c. (über einer Oktaederfläche auch den Würfelecken entsprechend),

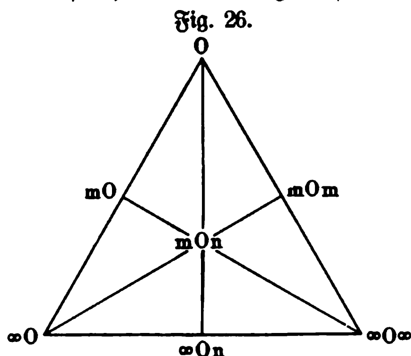
26 Ecken, sämtlich ungleichkantig.

Die beiden Figuren sind in ihrer Stellung der Deutlichkeit wegen, um Übung zu ermöglichen, etwas gedreht: Oktant *FCB* (Fig. 25) entspricht *FCB* (Fig. 24) und *FAC* (Fig. 24) *FAC* (Fig. 25).

Uebersicht über die holoedrischen Formen des tesseralen Systems.

Nachstehendes Schema (Fig. 26) giebt die oben angedeutete Ableitung, wenn man sich bei den Symbolen *O*, *mO* und ∞*O* 1 ergänzt denkt: 1 *O* 1 und *mO* 1, ∞*O* 1, und ist ohne Erläuterung verständlich.

Fig. 26.

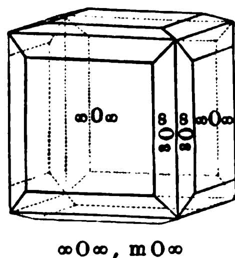


Einige Kombinationen der Holoeder.

Es ist ein vergebenes Bemühen und nutzlose Arbeit, die einzelnen Elemente zählen zu wollen, auch vermeide man stets bei der Reproduktion der Beschreibung eine Lagenänderung des Krystallmodells.

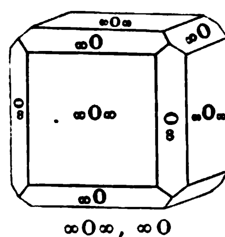
Bei nachstehenden Formen kann man sich die Kombinationen leicht nach den gegebenen Regeln ableiten.

Fig. 27.



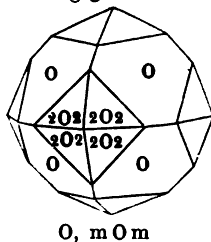
∞O∞, mO∞

Fig. 28.



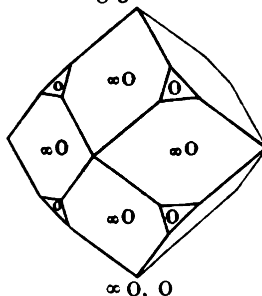
∞O∞, ∞O

Fig. 29.



O, mOm

Fig. 30.



∞O, O

Ein Pyramidenwürfel (*mO*∞, *m* = 3) bewirkt am Würfel eine Zuschärfung der Kanten, Fig. 27; das Rhombendodekaeder ∞*O* eine Abstumpfung

der Kanten mit gleichem Kantenwinkel (Fig. 28). Fig. 29 zeigt die Kombination des Oktaeders mit einem Deltoidikositetraeder ($O . m O m$). Fig. 30 stellt die Kombination des Rhombendodekaeders mit einem Oktaeder dar ($\infty O . O$). Auch ersieht man durch Vergleich der Formen, daß das Hexakisoktaeder am Würfel eine sechsflächige Zuschärfung der Ecken, am Rhombendodekaeder eine Zuschärfung der Kanten bewirkt.

Die Hemieder des regulären Systems.

Die Holoeder geben mit Ausnahme des Würfels und des Rhombendodekaeders Hemieder (Halbflächner) in folgender Weise.

Das Oktaeder giebt das Tetraeder (vergl. Fig. 11, oben S. 9) $\pm \frac{O}{2}$.

Die tetraedrische Hemiedrie.

1. Die Tetraeder entstehen durch Wachsen der Flächen *afd, bcf, cdg, abg*, während das Gegentetraeder durch Wachsen der anderen Oktaederflächen *abf* rc. entsteht, Fig. 31 u. 32.

Fig. 31.

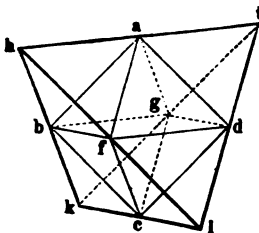
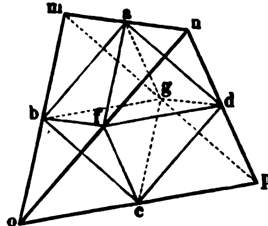


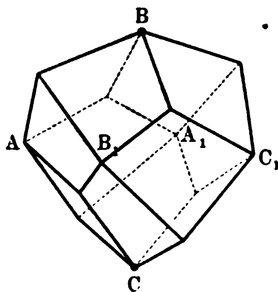
Fig. 32.



In Fig. 31 sind *afd, bfc* u. s. w. zum Wachstum gekommen, in Fig. 32 die abwechselnden Oktanten *abf, fdc* rc.

2. Das Deltoiddodekaeder ist Halbflächner des Pyramidenoktaeders $\pm \frac{m O}{2}$, S. 15: je 3 Deltoide über einer Tedraederfläche (Fig. 33).

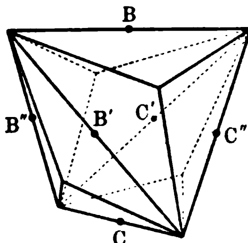
Fig. 33.



Deltoiddodekaeder, Trapezoiddodekaeder $\pm \frac{m O}{2}$; Achsenendpunkte in den vierkantigen Ecken (gebrochenen Tetraederkanten) $B C$, $B_1 A_1$, $A C_1$.

3. Das Pyramidentetraeder ist Halbflächner des Trapezoeders, Ikositetraeders: je drei gleichschenklige Dreiecke über einer Tetraederfläche $\pm\frac{m\,O\,m}{2}$, Fig. 34.

Fig. 34.

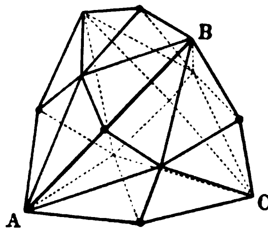


Pyramidentetraeder, Trigondodekaeder $\pm\frac{m\,O\,m}{2}$; Achsenendpunkte in der Mitte der Tetraederkante BC, $B'C'$, $B''C''$.

Überall entstehen die Gegenkörper durch Wachsen der anderen Hälfte der Oktanten.

4. Das Hexakistetraeder (Fig. 35) ist Halbflächner vom 48-Flächner: je sechs ungleichseitige Dreiecke über einer Tetraederfläche $\frac{m\,O\,n}{2}$.

Fig. 35.



Hexakistetraeder $\pm\frac{m\,O\,n}{2}$, 6 mal 4 Flächner; 6 Dreiecke über einer Tetraederfläche ABC. Achsenendpunkte in den (der gebrochenen Tetraederkante entsprechenden) vierkantigen Ecken.

Auch diese Gestalten können Kombinationen untereinander, und mit Würfel und Rhombendodekaeder geben. Man kann diese Form auch vom Tetraeder ableiten, bei dem die Achsenendpunkte in der Mitte der Kanten liegen.

Diese Hemieder entstehen sämtlich dadurch, daß man die abwechselnden Oktanten wachsen läßt (vergl. oben, S. 10); tetraedrische Hemiedrie.

Es gelingt leicht, durch Schneiden aus einem Oktaeder von weichem Material das Tetraeder zu erhalten, auch durch Anlegen von zurechtgeschnittenen Papierflächen an die betreffenden Oktaederflächen erhält man leicht die erforderliche Anschauung.

Die dodekaedrische Hemiedrie:

Der Pyramidenwürfel ($m O \infty$) bildet auch noch nach einem anderen Gesetze Hemieder dadurch, daß die einzelnen abwechselnden Flächen wachsen (*ABC, ADE, DCF,* 2c. *a, b, c, d*), Fig. 36.

Aus dem Pyramidenwürfel entsteht das Pentagondodekaeder (Eisenkies,

Fig. 36.

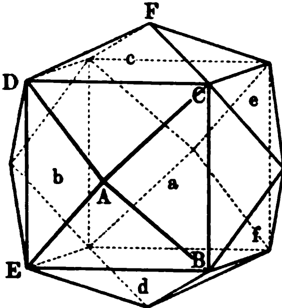
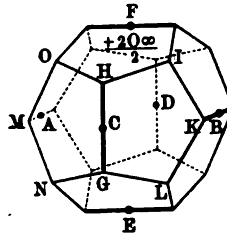


Fig. 36 a.

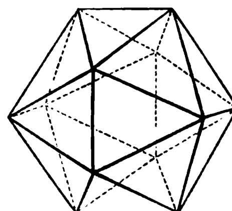


Kobaltglanz). Die Achsenendpunkte liegen in der Mitte der sechs ungleichen Kanten *AB, CD, EF,* Fig. 36a.

Begrenzung: 12 symmetrische Pentagone (die eine Seite ist kürzer oder länger als die übrigen); zweierlei Kanten: 6 kürzere oder längere *GH*, 24 gleiche Kanten (*GL, HI* 2c.); zweierlei Ecken: 8 dreikantige Ecken, entsprechend den Würfelecken (*I, L...*), und 12 zwei- und einkantige Ecken an den Enden der längeren resp. kürzeren Kanten (*H, G, K...*).

Das Pentagondodekaeder kommt vielfach in Kombinationen vor, beim Würfel stumpft es die Kanten ab, jedoch mit ungleichem Abstumpfungswinkel, die gleichen entstehen durch ∞O, S. 18, der Würfel stumpft dagegen beim Pentagondodekaeder die längeren Kanten *HG* 2c. ab. Das Oktaeder stumpft die den Würfelecken entsprechenden Ecken *I, O, L* 2c. ab; wachsen die Flächen von *O* soweit, daß sie sich in Ecken berühren, so erhält man einen Zwanzigflächner, der von 20 gleichen kongruenten Dreiecken begrenzt ist und dem regelmäßigen Ikosaeder gleicht.

Fig. 37.



Bei der nebenstehenden Kombination $O \frac{\infty O 2}{2}$ sind also die Flächen des Oktaeders und Pentagondodekaeders gleich stark ausgebildet (Fig. 37).

Nach dem entsprechenden Gesetze, Wachsen der abwechselnden einzelnen Flächen giebt das Hexakisoktaeder, der 48-Flächner einen Halbflächner, das Diploeder oder ein gebrochenes Pentagondodekaeder. Man denke sich beim letzteren (Fig. 36a) die Pentagone gebrochen in der Richtung *CK, FH, MC* 2c. und man sieht, daß dieser Körper $\pm \frac{m O n}{2}$ von 24 Trapezoiden begrenzt wird.

Die Hexakisoktaeder können auch nach einem dritten Gesetz Hemieder

bilden. Man denke sich zunächst Fig. 25 (S. 17) die ungleichseitigen Dreiecke so gruppiert, daß je 4 über einer Rhombendodekaederfläche *CMFI* oder *CIBO* liegen, lasse alsdann *MHF*, *CHI*, *CGO*, *GBI* wachsen, so entsteht ein 24flächner, der von ungleichseitigen Fünfecken begrenzt wird: Pentagon-ikositetraeder.

Diese Hemiedrie (plagiedrische[1]) Hemiedrie), sowie die Ausbildung der Viertelflächner (Tetartoedrie) — ein Pentagondodekaeder von 12 unsymmetrischen Pentagon begrenzt —, sollen nur erwähnt werden; sie kommen nur an künstlichen Krystallen vor.

Aus den folgenden Systemen mag nur einiges Krystallographische hervorgehoben werden. Am zweiten rechtwinkligen System mag gezeigt werden, welche Fülle von Formen aus einer Grundform abgeleitet werden kann.

II. Systeme mit einer bestimmten Hauptachse.

2. Das quadratische System.

Dasselbe ist durch drei rechtwinklig sich schneidende (in O) Achsen (Fig. 38) charakterisiert, von denen die eine länger oder kürzer ist. AA_1 Hauptachse, während die beiden anderen, BB_2 und B_1B_3, gleich lang sind (Nebenachsen);

Fig. 38.

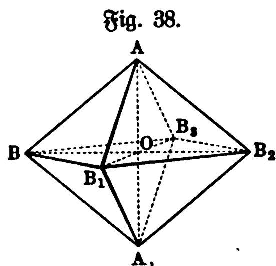
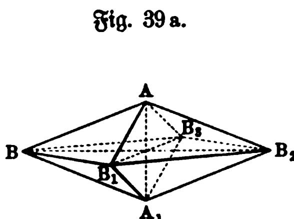
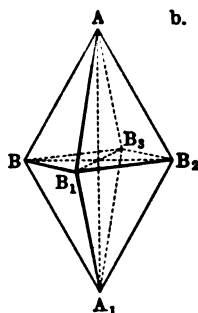


Fig. 39 a.



b.



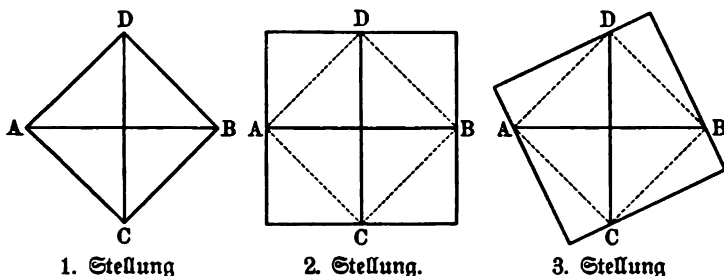
legt man Flächen durch die Endpunkte der Achsen (verbindet die Endpunkte derselben), so erhält man die Grundgestalt des Systems, die quadratische Pyramide (eine Doppelpyramide), begrenzt von 8 gleichschenkligen Dreiecken ABB_1, AB_1B_2 2c., Zeichen P. Das Achsenverhältnis von O an gerechnet sei $a:b:b$ (Nebenachsen). Man bezeichne eine solche Pyramide, bei der a und b bestimmte Werte haben, als Grundpyramide und stelle sie so, daß die Achse B_3B_1 dem Beobachter zugewendet ist, während die Hauptachse AA_1 und die andere Nebenachse BB_2 dem Beobachter parallel sind. Zunächst sieht man, daß noch eine zweite Pyramide vorhanden sein kann, die dadurch entsteht, daß die einzelne Fläche die Hauptachse im Endpunkte trifft, während die dem Beobachter zugewandte Achse mit ihrem Endpunkte die Mitte der Kante B_1B_2 trifft, und dieselbe Fläche der dritten Achse parallel ist. Die Verhältnisse der Nebenachsen werden in der Bezeichnung nach dem Zeichen P, die der Hauptachse vor dasselbe gesetzt, so ergiebt sich für die der Grundpyramide entsprechende Pyramide zweiter

[1]) Von πλάγιος (= plagios), schief, quer.

Ordnung oder Stellung das Zeichen $P\infty$; ja es ist noch eine Pyramide dritter Ordnung konstruierbar, Fig. 40 (3). Aus jeder Grundpyramide läßt sich eine große Reihe von Pyramiden derselben Art ableiten, indem man sich die Hauptachse der Grundpyramide verlängert denkt (spitzere Pyramiden, Fig. 39 b) oder sie verkürzt (stumpfere Pyramiden, Fig. 39 a) : mP, je nachdem m einen größeren oder kleineren Wert als 1 (Grundpyramide) hat.

Die Fig. 40 (1—3) stellen die Basisflächen der quadratischen Pyramiden mit der Lage der Nebenachsen dar (oben Fig. 38 $BB_1 B_2 B_3$). Bei jeder Gruppe können aus der Grundpyramide spitzere und stumpfere Pyramiden abgeleitet

Fig. 40.



Die Basis der drei quadratischen Pyramiden nach Stellung der Nebenachsen. AB und CD sind die Nebenachsen.

werden. Bei den Pyramiden zweiter Ordnung ist das Achsenverhältnis $a : a : \infty$ $(a : b : b)$ $P\infty$, woraus wieder durch Änderung der Hauptachse das Symbol $mP\infty$ für die quadratischen Pyramiden zweiter Ordnung hervorgeht. Die Pyramiden erster und zweiter Ordnung kommen ziemlich häufig vor, wenngleich sie selten für sich ausgebildet sind (Anatas, Hausmannit).

Denkt man sich beim Quadratoktaeder, Fig. 38, die Hauptachse mehr und mehr wachsend, so daß schließlich die Flächen AB_1B_2, $A_1B_1B_2$ zusammenfallen

Fig. 41.



OP

Fig. 42.

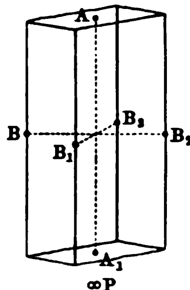
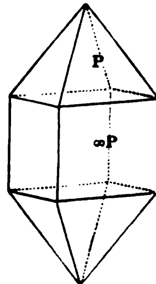


Fig. 43.



und derselben parallel werden, so entsteht die quadratische Säule ∞P (auch quadratisches Prisma genannt), deren Seitenflächen parallel der Hauptachse sind, Fig. 42. Da dieselben weder oben noch unten zusammenlaufen, so bilden sie eine sogenannte offene Krystallgestalt, die erst durch das Hinzutreten von Kombinationsflächen (Fig. 43) ihre Begrenzung erhält. Die Hauptachse kann jedoch auch unendlich verkürzt, d. i. gleich Null sein, und entsteht alsdann die sogenannte gerade Endfläche oder quadratische Basisfläche oP, Fig. 41, die natürlich nicht für sich allein, sondern immer doppelt, oben und unten an einem

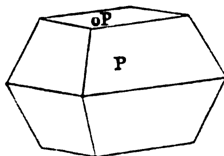
Krystall dieses Systems auftritt. Es ist also das quadratische Prisma erster Ordnung (Fig. 42) eine Kombination $\infty P, oP$. Die Endpunkte der Nebenachsen liegen in der Mitte der Kanten.

Man hat ferner bei Krystallgestalten dieses Systems das Vorkommen von Säulen beobachtet, bei deren Betrachtung nicht eine Kante nach vorn gerichtet erscheint, sondern eine Fläche; die Achsen derselben verbinden in diesem Falle nicht die Kanten, sondern die Mittelpunkte (Schnittpunkte der Diagonalen) gegenüberliegender Flächen. Sie werden quadratische Prismen zweiter Ordnung genannt und erhalten das Zeichen $\infty P \infty$. Beispiel Schwarz- und Hartmanganerz, vergl. oben.

Kombinationsformen:

Kombinationsformen des quadratischen Systems treten auf am Zinnstein, Honigstein, Zirkon; ferner am arsensauren Kalium eine Kombination von Prisma und Pyramide, Fig. 43, und Pyramide und Basisfläche, Fig. 44.

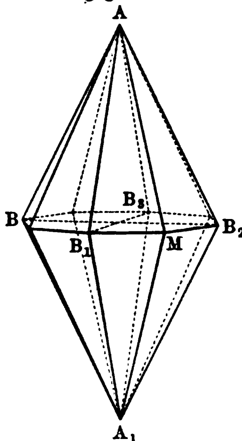
Fig. 44.



Auf diese hatte man früher die Krystallform des Blutlaugensalzes (s. Chemie S. 158) bezogen, doch bestehen diese Krystalle aus Lamellen (Blättchen) des monoklinen Systems (vergl. optisches Verhalten der Krystalle).

Außerdem existieren noch ditetragonale, oktogonale Pyramiden, Fig. 45; man sieht, daß jede Fläche AB_1M die Hauptachse im Endpunkte A, ebenso

Fig. 45.



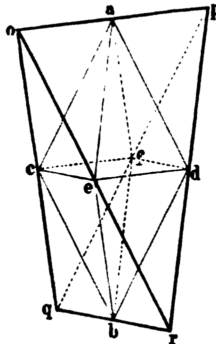
Ditetragonale (16seitige Pyramide oder 8seitige Doppelpyramide); AA_1 Hauptachse, B_1B_3 Nebenachse dem Beobachter zugewandt, BB_2 Nebenachse, parallel dem Beobachter. Achsenverhältnis von $AB_1M = a : b : nb$, Symbol Pn; spitzere und stumpfere Pyramiden $ma : b : nb$, Zeichen mPn; Prismen $AA_1 = \infty$; AB_1M und A_1MB_1 2c. fallen zusammen: es entsteht das achtseitige Prisma ∞Pn.

eine Nebenachse in B_1 schneidet, die zweite Nebenachse erst in einer bestimmten Entfernung n; die Basisfläche ist ein Achteck; durch Verlängerung der Hauptachse erhält man zuerst spitzere Pyramiden, dann beim Unendlichwerden ein achtseitiges Prisma; auch hier kommen die Stellungen anderer Ordnung in Betracht; Pn (mPn), hier besonders Fig. 45.

Hemieder.

Im quadratischen System finden sich auch Halbflächner, die aus der Pyramide entstehen, sie werden wegen ihrer keilartigen Gestalt Sphenoide genannt (am Kupferkies), Fig. 46 (σφήν = sphen, Keil).

Fig. 46.

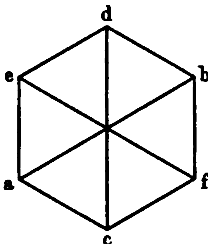


Dem tetragonalen System schließt sich das hexagonale an, da es ebenfalls eine Hauptachse uud eine Hauptsymmetrieebene besitzt.

3. **Das hexagonale System** (das einzige vierachsige System).

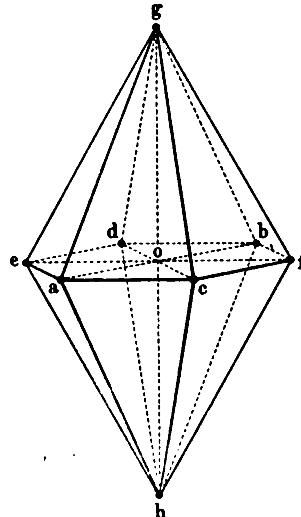
Es ist charakterisiert durch eine längere oder kürzere Achse, die zur Hauptachse gewählt wird, und drei gleich lange, sich unter 60° schneidende Nebenachsen, in deren Schnittpunkte die Hauptachse senk-

Fig. 47.



Basis der Pyramiden erster Stellung

Fig. 48.



Hexagonale Pyramiden.

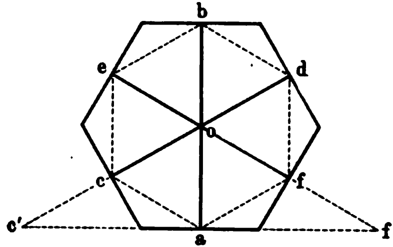
gh Hauptachse, *aob*, *cod*, *foe* Nebenachsen; 12 Dreiecke *eag*, *acg* u. s. w.; 6 Mittelkanten in einer Ebene *ea*, *ac* u. s. w.; 12 Polkanten *eg*, *ag* u. s. w.; 2 Polecken *g*, *h* (hexagonal); 6 Mittelecken bei *a*, *c*, *f* ꝛc. (vierkantig, rhombisch).

recht steht. Die Grundform ist eine hexagonale (sechsseitige) Doppelpyramide (Hexagonaldodekaeder), Achsenverhältnis $a : b$, Zeichen P. Stellung: eine Nebenachse (dc) dem Beobachter zugewandt, Hauptachse parallel vertikal (Fig. 47, 48 a. v. S.).

Nennt man die Grundpyramide P, so entstehen durch Wachsen oder Abnehmen der Hauptachse spitzere und stumpfere Pyramiden $mP(ma:b)$ und durch Nullwerden derselben die Basisfläche oP.

Auch hier unterscheidet man, wie beim quadratischen System, Pyramiden erster und zweiter Stellung.

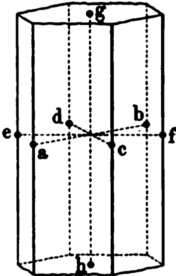
Fig. 49.



Basis der hexagonalen Pyramide zweiter Stellung.
$of = ff'$. **Achsenverhältnis der Pyramide** $a:b$, **also** $P2$, **hieraus ergeben sich die Pyramiden** $ma:2b:mP2$ **(hexagonale Pyramide zweiter Ordnung).**

Die Pyramiden zweiter Ordnung sind also dadurch charakterisiert, daß die Dreiecksfläche zwei Nebenachsen in der Verlängerung: $oc' = 2oc$, $of' = 2of$ schneidet, ihre Basis von der dritten Nebenachse halbiert wird.

Fig. 50.



Aus den Grundpyramiden (erster und zweiter Ordnung) erhält man durch Verlängerung oder Verkürzung der Hauptachse (ma) spitzere oder stumpfere Pyramiden mP, je nachdem $m >$ oder < 1 ist. Beim Unendlichwerden der Hauptachse entsteht das hexagonale Prisma ∞P, eine offene Form, Fig. 50.

Wird die Hauptachse Null, so entsteht die Basisfläche, welche das Prisma schließt, oP, so daß diese Ableitungen ganz denen im quadratischen System entsprechen.

Durch Änderung der Stellung geht das Prisma erster Ordnung in das zweiter über. Auch hier ist es mit der Basisfläche kombiniert.

Bei der hexagonalen Pyramide zweiter Ordnung ist also jede Dreiecksfläche so gelegen, daß sie eine Nebenachse (s. Fig. 48 a. v. S.) im Endpunkte a, die beiden anderen in bestimmter Entfernung schneidet, ($mP2$), auch hier entstehen dann wieder durch Unendlichwerden der Hauptachse sechsseitige Prismen zweiter Ordnung ∞Pn; der Wert n ist 2, daher $\infty P2$. Legt man über jede Dreiecksfläche zwei Dreiecke, so erhält man ein Zwölfeck als Basis und eine zwölfseitige Doppelpyramide, Fig. 51 b; jede Fläche schneidet hier die Nebenachse in kleineren Entfernungen, die zwischen b und $2b$ liegen,

daher das Zeichen mPn (für die dihexagonale Pyramide), die dann wieder ein zwölfseitiges Prisma und ein Dodekagon als Basisfläche giebt ∞Pn oPn, (oP)[1]).

Fig. 51 a.

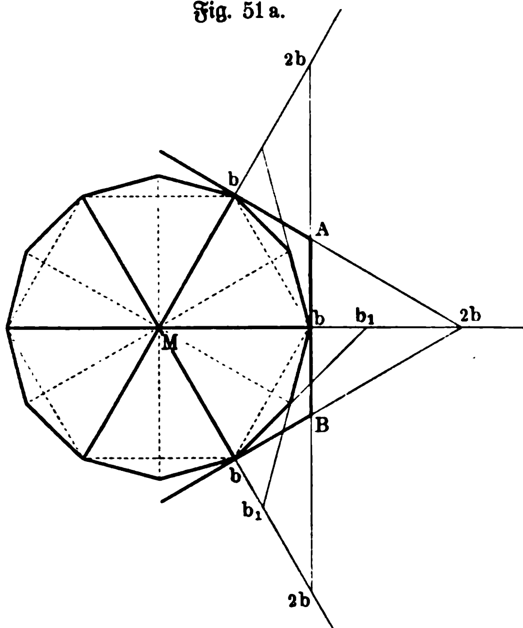
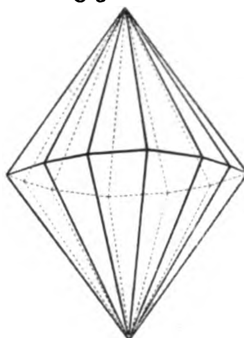


Fig. 51 b.



Diese Basis (Fig. 51a) der dihexagonalen Pyramide zeigt den Übergang in die hexagonale Pyramide zweiter Stellung, bei welcher die Nebenachsen in der Mitte der Randkanten bB liegen; Mb ist der Parameter für die hexagonale Basis erster Stellung, $2b$ für die hexagonale Basis zweiter Stellung. $P2$ ($mP2$ Pyramide), ($oP2$ Basis); $Mb = 1$ (= 20 mm), bb_1 zwischen 1 und 2 ergiebt die dihexagonalen Pyramiden, z. B. $mP5/4$. $mPn (n > 1 < 2)$.

Kombinationen.

Häufig sind Kombinationen eines Prismas, das an beiden Enden durch die Pyramide zugespitzt ist, auch ist bei dieser die Spitze oft durch die Basisfläche abgeschnitten (Fig. 52, 53).

Die Erklärung der Formen ergiebt sich aus den Zeichen.

Fig. 52.

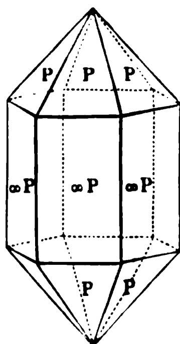
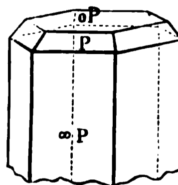


Fig. 53.

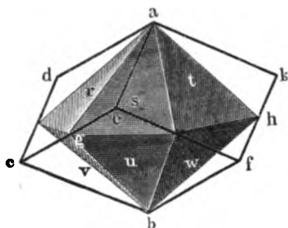


1) Die Klammern deuten an, daß sich das Symbol auf die Formen zweiter Ordnung oder Stellung bezieht.

Von größter Wichtigkeit sind bei diesem Systeme die

hemiedrischen Formen.

Das Rhomboeder[1]). Diese Form wird gebildet, wenn die wechselnden Flächen *r, t, u* der Doppelpyramide Fig. 54 (1), sowie die drei entsprechenden Flächen der hinteren Seite wachsen bis zur gegenseitigen Durchschneidung; es entsteht das angedeutete, von sechs kongruenten Rhomben begrenzte



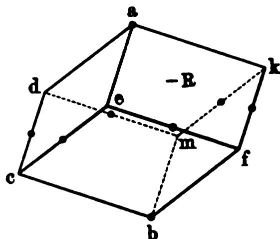


Fig. 54.

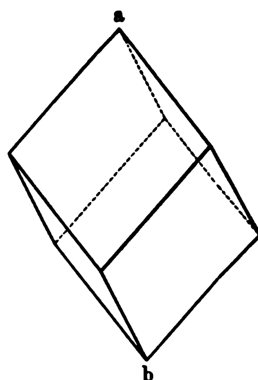


Fig. 55.

Rhomboeder, das vorzüglich am Kalkspat für sich und in Kombinationen auftritt. Man bezeichnet es mit einem *R* und das Gegenrhomboeder mit — *R*, Fig. 54 u. 55.

Die Enden der Hauptachse liegen in *a* und *b* in den trigonalen Polecken. Die Mittelkanten *ce, ef, fk, km, md, dc* verlaufen zickzackförmig, in der Mitte derselben liegen die Endpunkte der Nebenachsen (durch Punkte angedeutet). Die Hauptachse kann wachsen und man erhält spitzere oder abnehmende, dann stumpfere Rhomboeder (*a* und *b* Endpunkte der Hauptachse), Fig. 55.

Aus dem Rhomboeder läßt sich noch eine andere Form, die beim Kalkspat häufig vorkommt, ableiten, das Skalenoeder, Fig. 56, von zwölf ungleichseitigen Dreiecken (σκαληνός = skalenos, ungleichseitig, ungleich) umgrenzt, die zu je zwei über einer Rhomboederfläche liegen, mR^n oder *mRn*, Fig. 57. Sind *cd, de, ef* u. s. f. die zickzackförmig verlaufenden Kanten eines beliebigen Rhomboeders *mR*, so erhält man das Skalenoeder, wenn man die Hauptachse *gh* sich nach einer bestimmten Zahl $n > 1$ vervielfacht

Fig. 56.

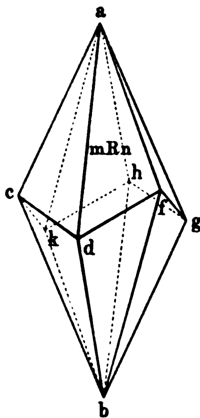
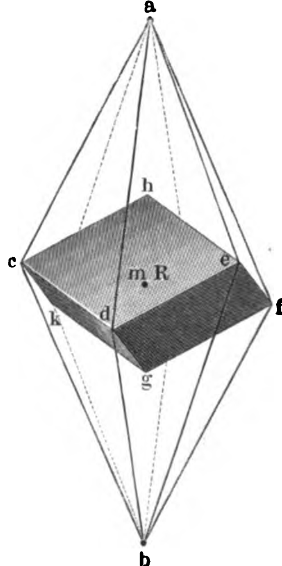


Fig. 57.



[1]) Die Hemieder des hexagonalen Systems werden auch wohl als rhomboëdrisches System zusammengefaßt.

denkt (in der Zeichnung fast genau 2) und von jeder Rhomboederkante aus, z. B. von *de* aus, ein Dreieck nach oben und unten mit der Spitze an die gefundenen Endpunkte der Hauptachse *a* und *b* legt, *ade* und *deb*. Bei dem Kalkspat finden sich die mannigfachsten Formen dieser Hemieder. Das Skalenoeder ist das Hemieder der zwölfseitigen Doppelpyramide (Fig. 51 b).

Zum hexagonalen System gehörige Formen haben die Krystalle vom Wasser, Eisenglanz, Eisenspat, Zinkspat, Saphir, Apatit, salpetersauren Natrium u. a. m.

Auch im hexagonalen System kann ähnlich wie im tesseralen und quadratischen System noch nach einem anderen Gesetz Hemiedrie entstehen.

Die Bildung des Rhomboeders ist aus der hexagonalen Pyramide (Fig. 54 a) veranschaulicht, es sind *r, u, t* zum Wachstum gekommen, läßt man *r* u. *v* und *t* u. *w* wachsen, so entstehen Tritopyramiden (Pyramiden dritter Ordnung). Sie unterscheiden sich nur durch die Stellung der Nebenachsen.

Wichtig ist die Tetartoedrie. Denkt man sich am Skalenoeder die Hälfte der Flächen verschwindend, so erhält man trigonale Trapezoeder, die sich aus dem Rhomboeder auch so herleiten lassen, daß man nur die Hauptachse verlängert und die Rhombenkanten verzerrt denkt.

Aus den Pyramiden entstehen trigonale Pyramiden (Endformen trigonale Prismen) und aus den dihexagonalen Formen gehen ähnliche Gestalten hervor.

So ist eine Fülle von Formen und Gestalten möglich, von denen die Natur nur einzelne Flächen entnommen hat. Besonders wichtig ist die Tetartoedrie für das Verständnis der Krystallformen des Quarzes.

III. Krystallsysteme ohne ausgeprägte Hauptachse und Symmetrieebene.

4. Das rhombische System.

Das rhombische System ist charakterisiert durch drei rechtwinklig sich schneidende, ungleich lange Achsen. Man wählt eine der drei Achsen zur

Fig. 58.

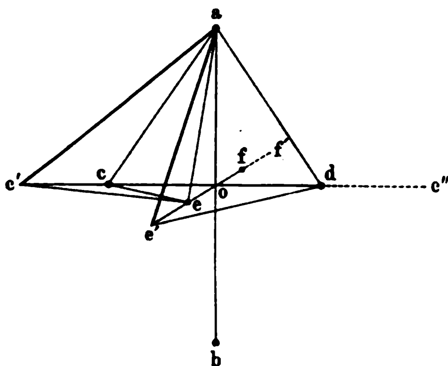
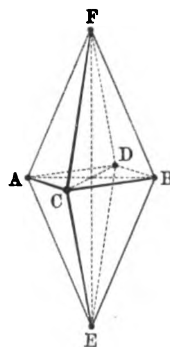


Fig. 59.



Hauptachse, z. B. *ab*, Fig. 58, und stellt das Achsenkreuz so, daß die eine Nebenachse dem Beobachter zugewendet, *ef*, die andere ihm parallel ist, *cd*, man nennt

die parallele **Makrodiagonale** (*cd* die längere), die kürzere **Brachydiagonale** (*ef* die kürzere) ohne Rücksicht auf etwaige Längenveränderungen. Verbindet man die Endpunkte, so erhält man eine Grundpyramide mit dem Achsenverhältnis $a:\bar{b}:\breve{c}$ (*a* Hauptachse *ab*, *b* Makro-, *c* Brachydiagonale *cd* u. *ef*). Man kann nun wieder Veränderungen der Achsen vornehmen und erhält eine **Fülle** von Gestalten: läßt man die Hauptachse hier allein wachsen oder abnehmen, so erhält man rhombische Pyramiden (die Basisfläche ist ein Rhombus), die beim Unendlichwerden der Hauptachse in ein Prisma (∞P), beim Nullwerden in die Basisfläche (oP) übergehen.

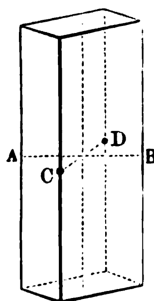
Durch Wachsen oder Abnehmen des *EF* entstehen die rhombischen Grundpyramiden (Fig. 59 a. v. S.).

Auch hier sind die Prismen offene Formen, die nur durch Kombination mit dem Pinakoid (der Basisfläche) geschlossen werden.

Nun können aber auch an dem Grundverhältnisse Änderungen vorgenommen werden, an der Makro- (*cd*) und an der Brachydiagonale *ef* für sich. Denkt man sich in dem Achsenkreuz Fig. 58 nur die Makrodiagonale von *cd* bis *c'* und *c''* verlängert und Flächen hindurchgelegt, so erhält man eine Pyramide, die sich von der Grundpyramide nur durch eine längere Makrodiagonale unterscheidet, $P\bar{n}$ oder $\bar{P}n$, und da nun die Hauptachse auch wachsen kann, erhält man eine ganze Reihe von Makropyramiden $mP\bar{n}$, die schließlich in Makroprismen $\infty P\bar{n}$ übergehen.

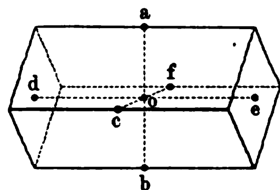
Ebenso kann man mit der Mikrodiagonale verfahren; man läßt *cd* und *ab* unverändert und verlängert *ef* (verschieden). Diese Pyramide würde mit der Grundpyramide dieselbe Haupt- und Makroachse, aber eine verschiedene Brachydiagonale besitzen, $\breve{P}n$ oder $P\breve{n}$, und hieraus leiten sich dann wieder verschiedene Pyramiden ab, $m\breve{P}n$, die Brachypyramiden, aus denen die Brachyprismen $\infty \breve{P}n$ entstehen. Wird nun auch die längere oder kürzere Achse unendlich, so erhält man Flächen, die der Hauptachse und der Makro- oder Mikroachse parallel sind, Pinakoide (πίναξ = pinax, Brett): $\infty \bar{P} \infty$ Makropinakoid (Flächen parallel der Hauptachse und der Makrodiagonale), $\infty \breve{P} \infty$ Brachypinakoid.

Fig. 60.



Rhombisches Prisma, kombiniert mit Pinakoid.

Fig. 61.



Makrodoma mit Brachypinakoid.

Es ist klar, daß hiernach, wenn man die Makroachse allmählich abnehmen oder wachsen läßt, respektive auch die Brachydiagonale, quadratische

Pyramiden entstehen (Fig. 60), wenn die Brachyachse gleich der Makroachse wird, ja daß das Oktaeder mit drei gleichen Achsen daraus hervorgegangen gedacht werden kann, wenn die Hauptachse gleich den beiden anderen wird, also $a = b = c$.

Eine neue Art von Formen entsteht beim Unendlichwerden der Makro- oder Brachyachse und dem Wachsen der betreffenden Pyramiden; es entstehen liegende Prismen mit rhombischem Querschnitt, Domen (δῶμα = doma, Haus, Dach), Fig. 61, genannt; liegen die Flächen parallel der Makroachse, so ist ein Makrodoma vorhanden, $\bar{P}\infty$, Fig. 61 (Makrodoma: *ab* Hauptachse, *ed* Makrodiagonale); stellt man es so, daß die Seitenflächen dem Beobachter zugewandt sind, so haben wir ein Brachydoma, $\breve{P}\infty$. Man sieht, daß durch Änderung des *ab* spitzere oder flachere Dächer entstehen, $m\bar{P}\infty$, $m\breve{P}\infty$. Auch sie sind offen und müssen mit den Brachy- resp. Makropinakoiden kombiniert sein.

Kombinationen.

Alle diese verschiedenen Formen können nun miteinander kombiniert sein, doch können diese Kombinationen nur durch bestimmte Messungen bestimmt werden; auch hier hat die Natur nur eine bestimmte Zahl von Formen aus den unendlich vielen möglichen gebildet. Bei einer großen Zahl von Mineralien kennt man leicht das rhombische System heraus, so die Grundform vorzüglich beim Schwefel; Kombinationen verschiedener Art beim Kupferglanz, Arsenikkies, schwefelsauren Kalium, Salpeter, Glaubersalz, Schwerspat, Weißbleierz, Aragonit, Zinkvitriol, Bittersalz, Höllenstein, Topas, Harmotom, Staurolith u. a. m.

Fig. 62.

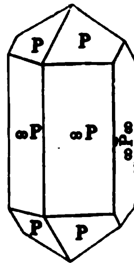


Fig. 63.

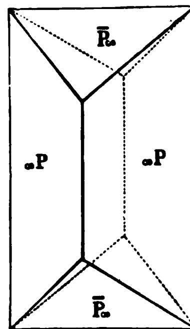
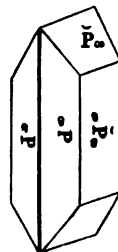


Fig. 64.



Die vorstehenden Kombinationen sind Krystallgestalten, wie sie bei Aragonit (Fig. 62, häufig noch mit $P\infty$ kombiniert), Salpeter (Fig. 64) und Baryt (Fig. 63) vorkommen.

5. Das klinorhombische System.

Die Krystallgestalten des klinorhombischen Systems oder monoklinen Systems beziehen sich auf drei ungleiche Achsen, von welchen zwei unter schiefen Winkeln sich schneiden, die dritte aber rechtwinkelig zu den beiden anderen steht. Man wählt jedoch bei Betrachtung derselben nicht diese letztere als Hauptachse, sondern eine der schiefwinkeligen Achsen, weil die Krystalle häufiger in der entsprechenden Richtung prismatisch ausgebildet sich vorfinden. Stellt man eine also gewählte Achse senkrecht, so ist der basische Hauptschnitt

schiefwinkelig zur Hauptachse geneigt, seine Form ist rhomboidisch; die die Hauptachse schneidende schiefwinkelige Achse wird dem Beobachter zugewendet. Bei

Fig. 65.

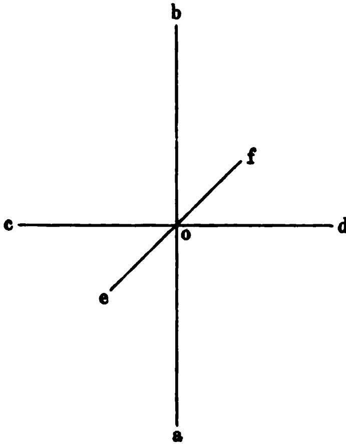


Fig. 66.

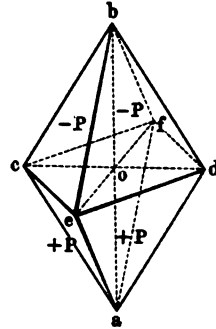
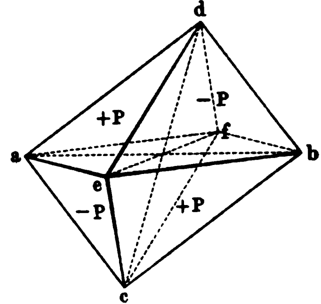


Fig. 67.



Darstellung des Achsenkreuzes soll *ef* mit *ba* stumpfe resp. spitze Winkel bilden, man muß sich die Achse, die den stumpfen Winkel *eob* bildet, dem Beobachter zugeneigt denken, Fig. 65. Man nennt dann *ab* die Hauptachse, *cd* die Orthodiagonale, die auf den beiden anderen Achsen senkrecht steht (gerade gerichtete), und *fe* die Klinodiagonale (Klinoachse, geneigte Achse), die auf *ab* schief, auf *cd* senkrecht steht. Verbindet man die Achsenendpunkte, so erhält man eine klinorhombische Pyramide, bei der nur je ein Paar oben und unten sich gegenüber liegende Flächen gleich sind ($\pm P$).

Stellt man sich das Achsenkreuz (Fig. 65) so, daß *ab* Hauptachse, *cd* Orthoachse, *ef* Klinoachse wird und legt Flächen (Dreiecke) durch *ace*, *bed* u. s. w., so entsteht die ideale Grundform desselben, die jedoch an Krystallen nicht vorkommt (Fig. 66). Bei Fig. 67 ist die Stellung so gewählt, daß die Verschiedenheit der Pyramidenflächen mehr hervortritt. Die Begrenzungselemente der Pyramide sind sehr verschiedenartig, da an derselben dreierlei Kanten und Ecken und zweierlei Flächen vorhanden sind, nämlich vier größere und vier kleinere Dreiecke, so daß eine solche Pyramide als aus zwei halben, sogenannten Hemipyramiden, zusammengesetzt erscheint. Welche Paare von Flächen man + oder — *P* nennen will, hängt von der Messung der Grundpyramide ab, bei der nicht nur das Achsenverhältnis $a:b:c$, sondern auch der Winkel der Haupt- und Klinoachse bekannt sein muß.

Die Krystallgestalten dieses Systems sind vorzugsweise klinorhombische Prismen und Domen (Ortho- und Klinodomen), kombiniert mit den Flächen einer Hemipyramide und mit Pinakoiden; eine große Anzahl von Mineralien und chemischen Verbindungen gehört diesem System an, wie z. B. der Gips

(Fig. 70), der Eisenvitriol (Fig. 68), die Soda (Fig. 69), der gemeine Feldspat, der Augit, die Hornblende u. a. m.

Fig. 68.

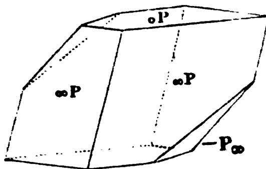


Fig. 69.

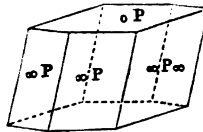
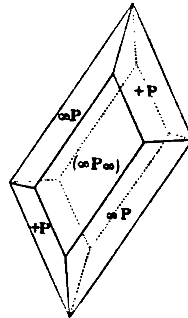


Fig. 70.



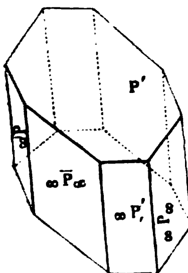
Die Formen werden in ähnlicher Weise, wie dies oben beim quadratischen System und zum Teil auch bei dem hexagonalen und rhombischen System gezeigt ist, abgeleitet.

Die Änderungen der Hauptachsen werden vor *P* geschrieben (*mP*, ∞ *P*), für die Änderungen an den anderen Achsen setzt man das Zeichen nach *P*, und um die Änderung bei beiden Nebenachsen zu unterscheiden, schließt man für die Klinodiagonale die ganze Formel in Klammern ein, (*mPn*) Klinopyramiden, (*mP*∞) Klinodoma, während man in Beziehung auf die Orthoachse diese Markierung fortläßt, *mPn* Orthopyramiden, *mP*∞ Orthodoma, oder man durchstreicht das *P* schräg: *mPn*, *mP*∞ (auch *P*) bei den Klinokörpern; bei den Orthokörpern aber horizontal: *mPn* Orthopyramiden, *mP*∞ Orthodoma. ∞*P*∞ oder ∞*P*∞ bedeutet das Orthopinakoid, eine Fläche parallel der Hauptachse und der Orthoachse. (∞*P*∞) oder ∞*P*∞, ∞*P*∞ bedeutet das Klinopinakoid, eine Fläche parallel der Hauptachse und der Klinoachse. Die Basisfläche *oP* ist ein dem Beobachter zugewandtes Rhomboid.

6. Triklines System.

Da dem klinorhomboidischen, anorthischen oder triklinen Systeme drei Achsen zu Grunde liegen, welche sämtlich ungleich sind und schiefwinkelig sich schneiden, so entsteht daraus eine große Unregelmäßigkeit der hierher gehörigen Krystallgestalten, sowie eine nicht geringe Schwierigkeit in der Bestimmung, Zeichnung und Beschreibung derselben. Krystallformen dieser Art kommen weniger häufig vor und als Beispiele führen wir den Albit und den Kupfervitriol, Fig. 71, an. Die Bezeichnungen und Ableitungen sind ähnlicher Art wie bei den früheren Systemen. Das trikline Oktaeder wird von acht ungleichseitigen Dreiecken umgrenzt, die vierfacher Art sind, Viertelpyramiden, je zwei parallele Flächen.

Fig. 71.



Eine Beschreibung dieser im ganzen seltenen Formen ist nicht erforderlich, da sich die Krystallgestalten immer

nur aus einzelnen Flächen der Grundformen zusammensetzen und durch Messung bestimmt werden müssen. Der Gang der Ableitung ist ein ähnlicher wie der bei dem monoklinen System.

Ein schiefachsiges System läßt sich noch theoretisch konstruiren. Das Achsenkreuz erhält man aus Fig. 65 u. 66, wenn *ef* nicht nur auf *ab*, sondern auch auf *cd* schiefwinklig steht, so daß nur *ab* und *cd* sich rechtwinklig schneiden, *fod* aber kein rechter Winkel ist. Dieses mögliche, diklinc System hat die Natur nicht ausgebildet.

Um über die Häufigkeit der Krystallformen der Systeme noch einen Überblick zu gewinnen, mag angeführt werden, daß von ungefähr 370 Arten der häufigeren krystallinischen Mineralien krystallisieren im

Tesseralsystem	62	Arten
Tetragonalsystem	30	„
rhombischen System	121	„
hexagonalen System	71	„
monoklinen System	70	„
triklinen System	15	„
	369	Arten

Die Fülle von Formen wird aber dadurch so viel größer, daß ein einzelnes Mineral sehr viele Kombinationen desselben Systems zeigen kann, wie z. B. der Kalkspat in ungefähr 700 Formen bekannt ist.

C. Sonstige morphologische Verhältnisse.

1. Zwillingskrystalle.

Schon früher ist erwähnt, daß die Mineralien nur verhältnismäßig selten in vollständig ausgebildeten, den Modellen ähnlichen Formen vorkommen; die Flächen sind vielfach verzerrt und unregelmäßig, oder sie sind verbogen und zusammengedrückt u. s. w. und die Krystalle haben sich in ihrer Ausbildung gehemmt. Doch finden sich auch regelmäßige Anordnungen von Krystallen, die von großer Wichtigkeit sind:

Zwillingskrystalle entstehen, wenn zwei Krystalle in regelmäßiger Weise miteinander verwachsen, indem z. B. zwei Krystalle in einer Fläche derart vereinigt sind, daß sie zu einander und zur Verwachsungsfläche eine gleiche und symmetrische Lage haben (Nebeneinanderlegung, Juxtaposition). Dabei kommen die Krystalle jedoch meist nicht vollständig zur Ausbildung, indem sie teilweise gleichsam ineinander stecken; der Zwilling gewinnt daher häufig den Anschein, als ob ein Krystall halbiert und die Hälften so aufeinander gelegt worden wären, wie wenn ein in der Hälfte geöffnetes Buch bis zur Berührung der Decken rückwärts aufgeschlagen wird. Fig. 72 zeigt uns diesen Fall, der beim Gips vorkommt. Auch durchwachsen sich die Krystalle förmlich und

Fig. 72.

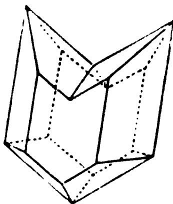
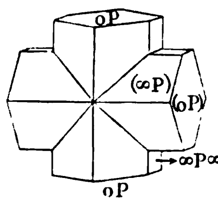


Fig. 73.



kreuzen sich, wie bei nebenstehender Figur 73, in der wir einen **Durchkreuzungszwilling** des **Stauroliths** erblicken. Durch Zusammenbildung sehr vieler Krystalle, Wiederholung von Zwillingsbildung können auch Streifungen entstehen (Quer- und Längsstreifungen der Krystallflächen), wenn die Krystalle dicht aneinander liegen.

Mit der Zwillingsbildung ist nicht zu verwechseln eine Zusammenhäufung von Krystallen, welche in der Mineralogie als **Krystalldruse** oder **Druse** bezeichnet wird. Sehr kleine, insbesondere die nadelförmigen und blätterigen Krystalle bilden häufig sehr eigentümliche Gruppierungen, indem sie oft strahlig kugelförmig gelagert sind, oder allerlei Gestalten bilden, worunter die baumförmigen, dendritischen, und die eisblumenartigen (wie bei dem Eise an den Fensterscheiben) besonders zu nennen sind.

Schwärzlichbraune **Dendriten** werden häufig auf Kalksteinen gefunden, sie sind durch Einsickerung (Infiltration) mangan- und eisenhaltiger Gewässer entstanden, lassen sich leicht nachahmen und zeigen die mannigfaltigsten Formen, sie gehören nicht zu den Krystallen. Vgl. die Abbildungen im Abschnitt **Geologie**.

2. Isomorphie. — Polymorphie.

Ein und derselbe Körper, sei er Element oder chemische Verbindung, krystallisiert in der Regel in solchen Gestalten, die einem und demselben Krystallsystem angehören. Solche Körper, die dieselbe Krystallform besitzen, und deren basische Bestandteile eine Vertretbarkeit zeigen, ohne daß dabei eine Änderung der Krystallform eintritt, heißen **isomorph**. So sind Magneteisen und Alaun, die beide in Oktaedern krystallisieren, nicht isomorph, wohl aber die Alaune untereinander:



$$Al_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 24H_2O$$ [1]).

Es kann darin das Aluminium durch Cr, Fe, Mn ersetzt werden. Die Alaune krystallisieren alle in Oktaedern und behalten diese Form, wenn Kalium durch Natrium oder NH_4 (Ammonium) in jedem Alaun ersetzt wird. Isomorph sind auch die Karbonate des Calciums, Magnesiums, Eisens, $CaCO_3$, $MgCO_3$, $FeCO_3$ (vergl. Chemie S. 152, 229, 244, 255, 258, 265 ꝛc.). Auch Aragonit, Witherit, Strontianit, Weißbleierz sind isomorph; sie gehören alle dem rhombischen System an.

Es fehlt andererseits nicht an Beispielen, daß dieselben Körper in Formen auftreten, die zwei verschiedenen Krystallsystemen angehören und daher **dimorph** genannt werden. Der natürlich vorkommende und aus Auflösungen krystallisierende **Schwefel** z. B. bildet rhombische Oktaeder, während alle bei Abkühlung des geschmolzenen Schwefels entstehenden Krystalle dem klinorhombischen System angehören. Calciumkarbonat ist dimorph: Calcit (rhom-

---

[1]) Die Bekanntschaft mit der chemischen Formelsprache muß vorausgesetzt werden (s. **Schoedler**, Chemie S. 16). Da die Chemie aufs engste mit der Mineralogie zusammenhängt, müssen die chemischen Eigenschaften (Zusammensetzung) der Mineralkörper schon dort berührt sein. Die Citate sind nicht überall durchgeführt. Die Mineralogie setzt die Bekanntschaft mit den Grundbegriffen der Chemie voraus.

boedrisch) und Aragonit (rhombisch). Auch trimorphe Mineralien finden sich, wie Brookit (rhombisch), Anatas und Rutil, die beide tetragonal, aber in Formen, die sich nicht auf einander beziehen lassen, krystallisieren. Alle drei Mineralien bestehen aus Titansäure (TiO_2).

Polymorphe Stoffe sind solche, deren Krystalle auf mehr als zwei Grundformen zurückführbar sind; sie kommen selten vor.

3. Morphotropie.

Bei der Betrachtung der physikalischen Eigenschaften der Krystalle tritt hervor, daß dieselben mit der Krystallform der Körper in engstem Zusammenhange stehen (Leitungsfähigkeit der Krystalle für Wärme, Ausdehnung durch die Wärme); beim Isomorphismus tritt hervor, daß die Krystallform mit der chemischen Zusammensetzung in nahem Zusammenhange steht, da sich gewisse Elemente substituieren lassen, ohne daß die Krystallform eine Änderung erleidet (Granate, Alaune). Andererseits vermag die Substitution gewisser Elemente durch andere auch ganz bestimmte Umänderungen in der Krystallform hervorzubringen. Morphotropie ist jede Umänderung der Krystallform, welche durch teilweise Substitution oder Umlagerung der kleinsten Teilchen (Moleküle) oder Aneinanderlagerung hervorgebracht wird, die Wirkung der Elemente ist dabei verschieden (morphotropische Kraft). Beispiele bietet besonders die organische Chemie, aber auch im Mineralreiche und bei den künstlich dargestellten anorganischen Verbindungen finden sich Andeutungen hierfür.

Es lassen sich in dieser Beziehung verschiedene Gruppen von Mineralien vergleichen, z. B. die Gruppe der Sesquioxyde:

Cr_2O_3, Chromoxyd, Al_2O_3, Korund, Fe_2O_3, Hämatit, Ti_2O_3, Titanoxyd,	Hämatitgruppe.
$FeTiO_3$, Ilmenit, $MnTiO_3$, Pyrophanit, Katapleït, ein Zirkon-Natriumsilikat,	Ilmenitgruppe.

Alle krystallisieren hexagonal rhomboedrisch; der Eintritt von Al, Fe, Ti, Mn bringt Änderungen in der Krystallform hervor, die ihrem Hauptcharakter nach dieselbe bleibt. Es steht die Morphotropie der Isomorphie im Mineralreich sehr nahe.

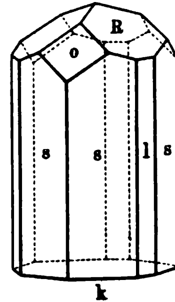
Auch die Witheritgruppe kann man hierhin rechnen; die genauen Messungen ergeben kleine Abweichungen dieser sonst als isomorph anzusehenden Mineralien (vergl. oben).

4. Hemimorphie.

Hemimorph werden solche Krystallkombinationen genannt, bei denen in der Grundform zwei verschiedene Nebenformen zur Ausbildung gekommen sind, so an der sechsseitigen Säule am einen Ende die Pyramide, am anderen eine Basisfläche.

Der Turmalin (Schörl, Aschenzieher), der rhomboedrisch krystallisiert und gewöhnlich von schwarzer Farbe ist, zeigt diese Erscheinung in ausgeprägter Weise. Die nebenstehende Zeichnung (Fig. 74) läßt prismatische Flächen (*ssl*), die zwei verschiedenen prismatischen Körpern angehören, erkennen; das Prisma ist am oberen Ende durch rhomboedrische Flächen, am unteren durch die Basisfläche, das Pinakoid (*k*), abgeschlossen. Die meisten Krystalle dieser Art werden beim Erwärmen an den Enden entgegengesetzt (polar) elektrisch, daher für den Turmalin der Name Aschenzieher, weil dann Asche an ihm haften bleibt.

Fig. 74.



5. Pseudomorphosen.

Pseudomorphosen oder Afterkrystalle sind solche, bei denen die Krystallform nicht dem Stoffe, der sie angenommen hat, entspricht. So krystallisiert der Schwefelkies in Würfeln (Eisenkies, Zweifach-Schwefeleisen); durch langsame Zersetzung und Oxydation entsteht daraus Eisenhydroxyd, $Fe_2(OH)_6$, ohne daß sich die Form ändert, obwohl das letztere Mineral dem rhombischen System angehört und keineswegs dimorph ist. Andere Pseudomorphosen entstehen mehr auf mechanischem Wege, indem Krystalle von einer erhärtenden Mineralmasse umhüllt und nachher durch ein Lösungsmittel entfernt werden. Füllt sich die alsdann bleibende hohle Form der früher vorhandenen Krystalle mit einer fremden Substanz, so nimmt diese eine ihr nicht angehörige Gestalt an. (Ausfüllungs-Pseudomorphosen, Umwandlungs-Pseudomorphosen, Umhüllungs-Pseudomorphosen.)

Die Pseudomorphosen sind daran kenntlich, daß ihr inneres Gefüge, ihre Spaltungsflächen, der äußeren Form nicht entsprechen. Sie erweisen sich von großer Wichtigkeit für die Entstehungsgeschichte der Gesteine, indem ihre Gegenwart gewisse chemische Vorgänge erkennen läßt, die an und in den Mineralien und Gesteinen stattgefunden haben.

Zusätze.

Aggregationen.

Wiederholt ist darauf hingewiesen, daß die Krystalle sich selten vollkommen ausgebildet finden; die Mineralien zeigen meist unvollkommene Krystallformen. Entweder sind bei diesen gewisse Flächen vorherrschend geworden, oder andere durch Auflagerung und Verwachsung nicht zu stande gekommen, oder es ist die Krystallisation überhaupt so unvollkommen, daß sie zwar ersichtlich ist, jedoch bestimmte Krystallgestalten sich nicht erkennen lassen. Man bezeichnet diesen Fall als den krystallinischen Zustand und es erscheinen krystallinische Minerale als eine Anhäufung von kleinen, unvollkommen ausgebildeten Krystallen, die körnig, platt oder länglich sind, welchem entsprechend die leicht verständlichen Bezeichnungen von grob- oder feinkörnigen Mineralien, von Blättern, Schuppen, Spießen, Nadeln, Haaren u. a. m. angewendet werden.

Eigentümlich ist es, daß die Formen des regulären Systems nur selten als Blättchen und Spieße auftreten. Mitunter kann der krystallinische Zustand erst mit Hülfe des Vergrößerungsglases erkannt werden. Läßt sich jedoch selbst hierdurch keine krystallinische Bildung erkennen, dann haben wir ein unkrystallinisches oder amorphes Mineral vor uns. Manche Mineralien, die sonst deutlich krystallinischen Aufbau, ja ausgebildete Krystalle zeigen, kommen in einem ähnlichen Zustande, wie der amorphe, vor, dichte Mineralien (dichter Kalkstein). Die Struktur ist eins der wichtigsten Erkennungsmittel, sie giebt dem Mineral oder dem Gestein einen bestimmten Charakter. In der Regel läßt man bei der Bezeichnung der Struktur das Wort krystallinisch fort, und man unterscheidet körnige, faserige und blätterige Struktur, indem man verschiedene Unterabteilungen macht, grob-, feinkörnig, dünnfaserig, radialfaserig.

Auch die größeren Aggregationen werden nach ihren besonderen Gestalten unterschieden (haar-, gestrickt-, blatt-, reihen-, baum-, platten- und zapfenförmig [stalaktitisch wie beim Tropfstein]). Eine andere Unvollkommenheit, die sich mitunter an Krystallen findet, besteht darin, daß einzelne Flächen derselben gestreift oder rauh sind. Dieselben gehören alsdann einer gemeinschaftlichen Zone an, deren Erkennen hierdurch erleichtert ist.

Einschlüsse.

Häufig finden sich in Mineralien Einschlüsse. Dieselben sind teils makroskopisch, d. i. leicht erkennbar, teils mikroskopisch. Letztere zeigen sich in überraschender Menge und Mannigfaltigkeit, wenn von den Mineralien ganz dünne Blättchen geschliffen werden, sog. Dünnschliffe, die hinreichend durchsichtig sind, um unter dem Mikroskop beobachtet werden zu können. Man findet alsdann entweder Krystalle oder Einschlüsse von Flüssigkeiten oder von glasiger Masse. Äußerst kleine Krystalle, Mikrolithe genannt, sind oft von vollkommenster Regelmäßigkeit und trotz ihrer Kleinheit wohl erkennbar, wie Augit, Eisenglimmer, Magneteisen u. a. m. Die flüssigen Einschlüsse bestehen aus Wasser oder Lösungen von Chlornatrium, auch wohl von flüssiger Kohlensäure, und enthalten außerdem meist noch ein bewegliches Luftbläschen, gleich einer Libelle. Am merkwürdigsten ist das Vorkommen von flüssiger Kohlensäure als Einschluß, ein Zeichen, daß die Bildung des Krystalles bei hohem Drucke stattgefunden hat.

Überhaupt sind die Einschlüsse oft von großer Bedeutung, da aus ihnen Schlüsse auf die Entstehung der Mineralien gezogen werden können. So liefert das Vorhandensein von glasigen Einschlüssen den Beweis dafür, daß der Krystall in Gegenwart einer geschmolzenen Masse fest geworden ist, und umgekehrt zeigen Krystalle umschlossen von glasartigen Massen, daß diese längere Zeit in zähem Zustande gewesen sind oder beim plötzlichen Erstarren Fremdkörper mit umhüllt haben.

Bergkrystall und Onyx enthalten oft Einschlüsse der verschiedensten Art. Auch bei den organischen Mineralien zeigen Einschlüsse den früheren Zustand an, so die Einschlüsse von Insekten im Bernstein.

Als Beispiele von Flüssigkeitseinschlüssen mag angeführt werden, daß flüssige Kohlensäure in einigen Mineralien (Bergkrystall, Topas) nachgewiesen ist, außerdem findet sich im Steinsalz Petroleum eingeschlossen.

Interessant ist, daß einige Mineralien auch Gase eingeschlossen enthalten, welche sonst nur wenig vorkommen.

Die neuen gasförmigen Elemente Argon und Helium finden sich in dem uranhaltigen Minerale Cleveït, und in vielen Gesteinen und Mineralien sind neuerdings auch die sonst häufig vorkommenden Gase nachgewiesen, so Wasserstoff, Kohlenoxyd und Kohlensäure im Chlorit, Feldspat, Glimmer, allerdings nur in sehr kleinen Mengen; Wasser ist in sehr vielen Mineralien enthalten.

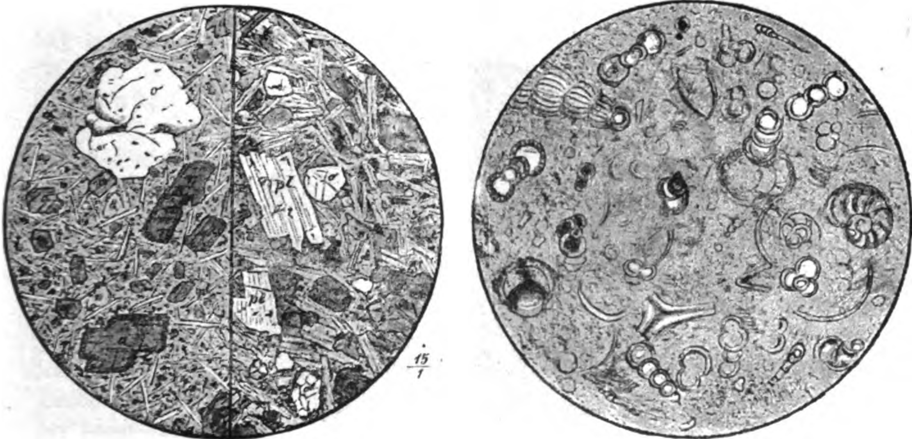
In den Meteoriten kommen Kohlenwasserstoffe vor (vergl. a. a. O.).

Hohlräume, die mit Luft angefüllt sind, finden sich ebenfalls in vielen Mineralien.

Die erwähnte mikroskopische Untersuchung der Mineralien an Dünnschliffen hat vielfach Aufschluß über den inneren Bau und die Entstehung der Mineralien gegeben. Es ist dadurch möglich geworden, bei vielen Gesteinen die Gemengteile deutlich zu erkennen, wie bei Basalt und anderen Gesteinen.

Hier mögen einige Abbildungen von Gesteinsschnitten in Vergrößerungen folgen.

Fig. 75[1]). Fig. 76.



Auf der linken Hälfte von Fig. 75 findet sich die Abbildung des Dünnschliffes eines Feldspatbasalts von Braunsberg in 15facher Vergrößerung, in ebenderselben Vergrößerung zeigt die rechte Hälfte von Fig. 75 einen solchen des Anamesit (einer Doleritvarietät) der Löwenburg im Siebengebirge.

Die danebenstehende Abbildung (Fig. 76) stellt in 100facher Vergrößerung einen Schnitt von Kreidekalk aus Kent dar, in dem man deutlich die tierischen Überreste erkennt.

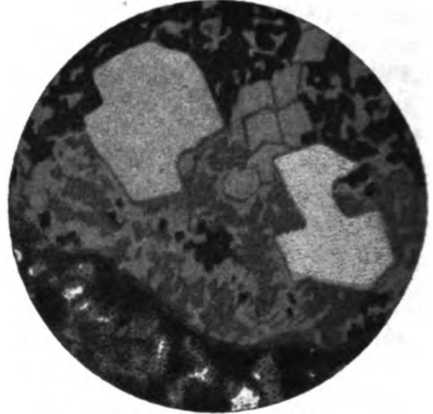
[1]) Die Fig. 75 und 76 sind aus Gümbel, Geologie I entnommen.

Fig. 77.



Zeolithhaltiger Ziegel, der gewöhnlichen Opal und Hyalit zeigt, die in Hohlräumen (Poren) der Ziegel sich aus den Thermalwassern zu Plombières abgesetzt haben. (180fach vergrößert.)

Fig. 78.



Zeolithhaltiger Ziegel (600fach vergrößert) mit Opal und einem Zeolith (Chabasit?); Thermalwasser zu Plombières.

Fig. 79.



Zeolithhaltiger Ziegel, in dem Glimmerschuppen und Quarzkörner enthalten waren. (130fach vergrößert). Er zeigt Hyalit und Chalcedon, die vom Thermalwasser zu Plombières abgesetzt wurden.

Die obigen weiteren Abbildungen (Fig. 77, 78, 79) veranschaulichen die Dünnschliffe altrömischer Ziegel aus Plombières, in denen sich unter dem Einfluß von Thermalwasser Mineralien abgesetzt haben.

Entstehung der Krystalle.

Man kann wohl behaupten, daß ein großer Teil der Krystalle in der Natur sich unter denselben Bedingungen gebildet hat, wie wir sie auch künstlich hervorrufen können. Freilich ist offenbar bei der Bildung in der Natur vielfach ein Faktor hinzugetreten, den wir nur schwer bei der Bildung künstlicher Krystalle heranziehen können, bedeutender Druck. Dieser Umstand erklärt es auch, weshalb die künstliche Herstellung der natürlichen Krystalle noch nicht überall gelungen ist. Andererseits kann man bei vielen chemischen Verbindungen schön ausgebildete Formen erhalten, so daß die Möglichkeit vorhanden ist, an diesen selbst, wie an Modellen, die Gestalten zu studieren; ausgezeichnete Sammlungen dieser Art sind käuflich zu haben. Auch entstehen bei technischen Vorgängen vielfach schöne Krystalle, die den natürlichen gleichen (Hochofenkrystalle und -Mineralien).

Die Hauptwege für Krystallisation sind:

Man stellt eine heiße gesättigte wässerige Lösung eines Salzes dar und läßt allmählich abkühlen. So gelingt es leicht, Salpeter, Glaubersalz u. s. w. in schönen Krystallen zu erhalten. Stellt man eine Alaunlösung bei nicht sehr hoher Temperatur her, so erhält man an hineingehängten Fäden kleine, ganz regelmäßige, oktaedrische Krystalle, die man durch längeres Stehenlassen der Alaunlösung allmählich wachsen lassen kann. Dieser Weg führt unmittelbar zu der zweiten Hauptmethode.

Eine Salzlösung, welche der Atmosphäre ausgesetzt ist, wird dadurch, daß das Lösungsmittel, Wasser, verdunstet, konzentrierter, und schließlich wird sich ein Teil des Salzes krystallinisch ausscheiden, beim vollständigen Verdunsten bilden sich dann krystallinische Salzkrusten. Da das abgeschiedene Salz, oft auch das Gefäß, in dem die Salzlösung sich befindet, porös ist, dringt Salzlösung in die Poren hinein, es erfolgt Verdunsten und weiterer Salzabsatz. So entstehen im porösen Erdboden Salzausblühungen, Efflorescenzen. Man kann dieselben leicht erhalten, indem man in einem Becherglase eine Lösung von Salmiak und Salpeter, die bei 50 bis 60° gesättigt war, lange Zeit stehen läßt. Es bildet sich am Rande der Flüssigkeit eine Salzkruste, die nach oben zu wächst, das Salz scheint an den Wänden emporzuwachsen, emporzukriechen. Die Efflorescenzen an den Salz- und Steppenseen haben sich in ähnlicher Weise gebildet. — Erwärmen beschleunigt den Verdunstungsprozeß und damit den schnellen Absatz des krystallinischen Salzes, der dann aber diese Bildungen weniger deutlich zeigt. Die in dieser Weise und überhaupt aus wässerigen Lösungen entstehenden und entstandenen Salze schließen häufig ziemlich viel Wasser ein, das von der Mutterlauge herrührt, aus welcher sich die Krystalle abgeschieden haben.

Viele feste Körper verdampfen in höherer Temperatur, ohne daß sie sich chemisch ändern, und der Dampf giebt beim Abkühlen größere oder kleinere Krystalle: Krystallisation durch Sublimation. Künstlich läßt sich das Jod durch Sublimation in sehr schönen Krystallen erhalten. In der Natur bilden sich in den vulkanischen Herden häufig sehr schöne Schwefelkrystalle durch Sublimation; viele krystallinische Mineralien sind durch vulkanische

Thätigkeit entstanden, die sonst im Mineralreiche wenig vorkommen, so giebt es eine ganze Reihe von Mineralien des Vesuvs (Vesuvmineralien), bei deren Bildung die Sublimation eine wesentliche Rolle gespielt hat (Salmiak, Kochsalz u. s. f.).

Viele Körper lassen sich dadurch leicht krystallisiert erhalten, daß sie geschmolzen werden und man die flüssige Masse langsam abkühlen läßt. Erstarrt der Körper vollständig, so erhält man eine deutliche krystallinische Struktur. Gießt man nach Durchbrechung der Erstarrungskruste vor dem vollständigen Erstarren einen Teil des noch flüssig gebliebenen Körpers aus, so zeigt sich, daß sich schöne Krystalle gebildet haben: Krystallisation des Schwefels. Da es jetzt gelungen ist, alle Körper zu schmelzen (mit Hülfe der Elektricität), so hat man eine große Anzahl von Mineralien unter Zuhülfenahme eines elektrischen Ofens künstlich dargestellt. Bei der künstlichen Darstellung der Mineralien wird hierbei einiges mitgeteilt.

Wie sich die Krystalle der in der Natur sehr häufig vorkommenden Mineralien gebildet haben, wie beim Quarz, ist noch nicht überall vollständig aufgeklärt (S. 41). Wahrscheinlich ist, daß bei seiner Bildung und bei der Bildung vieler anderer Mineralien die Druckverhältnisse eine bedeutende Rolle gespielt haben, auch muß in Betracht gezogen werden, daß in der Natur die Vorgänge in sehr langen Zeiträumen stattfanden, und so Krystallisationen und Mineralbildungen entstanden, die wir in den beim Experiment zur Verfügung stehenden kurzen Zeiträumen nicht erhalten können.

Freilich zeigen oft zufällige Bildungen, daß in dieser Weise schöne Krystalle entstehen. So wurde die Bildung von schön krystallisirtem blätterigen Gips in Kalkgruben beobachtet, die zum Löschen des Kalkes gedient hatten und die in späterer Zeit für andere Zwecke gebraucht wurden und mit Flüssigkeiten, welche verdünnte Schwefelsäure enthielten, gefüllt waren. Sehr schöne Gipskrystalle an den Wänden eines porösen Thoncylinders erhält man auch, wenn man diesen in Kalkwasser oder in Lösung von Calciumcarbonat in kohlensäurehaltigem Wasser setzt und mit verdünnter Schwefelsäure füllt. Die Flüssigkeiten durchdringen die Poren des Thoncylinders und die Krystallbildung geht bei der allmählichen Wirkung der Agentien vor sich, — so lassen sich außerordentlich viel Mineralien durch „Diffusion“ herstellen; auch die Bildung des schön krystallisierten hemimorphen Struvit (rhombisch, $(NH_4)MgPO_4 + 6H_2O$, phosphorsaure Ammoniakmagnesia in Düngergruben) erklärt sich in entsprechender Weise.

Die Krystallgestalt stellt uns gewissermaßen ein Individuum, ein Einzelwesen des Mineralreiches, dar; durch sie ist das Mineral in seiner Art erkennbar, aber auch viele andere Eigenschaften des Minerals hängen mit der Krystallgestalt, mit dem regelmäßigen Aufbau der kleinsten Teile, auf das engste zusammen. Ist doch die Krystallgestalt selbst eine physikalische Eigenschaft des Minerals, und wenn man diese Verhältnisse in der Krystallographie, Lehre von der regelmäßigen Gestaltung, und der Morphologie, Gestaltungslehre, besonders betrachtet, so geschieht dies der Übersichtlichkeit wegen. Viele physikalische Lehrbücher enthalten kurze Abschnitte über Krystallographie

und alle berücksichtigen den Zusammenhang zwischen den physikalischen und krystallographischen Eigenschaften. Dabei zeigt sich denn auch, daß die Krystallachsen durchaus nicht willkürliche Linien sind, daß durch sie nicht nur die Lage der Flächen, sondern auch nach ihnen die verschiedenen Eigenschaften in Beziehung auf Licht und Wärme in ihrer Stärke oder Besonderheit sich bestimmen; so ist, wie erwähnt, die Wärmeleitung bei dem rechtwinkligen System mit ungleichen Achsen nach den Achsen verschieden, während bei den regulären Körpern die Wärmeleitung nach allen Richtungen dieselbe ist, und dies führt unmittelbar zur Betrachtung der physikalischen Eigenschaften der Mineralien über.

D. Physikalische Eigenschaften der Mineralien.

Krystallphysik.

Die äußeren Eigenschaften der Körper überhaupt finden ihre allgemeine Besprechung und Stellung in der Physik, aber es ist zweckmäßig, die betreffenden Verhältnisse in Bezug auf einzelne Naturkörper besonders zusammenzustellen und kurz hervorzuheben.

Von den physikalischen Eigenschaften sind zunächst diejenigen, welche durch den Zusammenhang der einzelnen sehr kleinen Teile des Minerals bedingt werden, von großer Wichtigkeit. Den Zusammenhalt zwischen den einzelnen Teilchen desselben Körpers nennt man Kohäsion und die hiermit zusammenhängenden Eigenschaften Kohäsions- (Kohärenz-) eigenschaften. Hierhin gehören die Aggregatzustände fest, flüssig und gasförmig (vergl. oben) mit ihren Unterschieden der Kohärenz, die bei den festen Körpern bei weitem am größten ist. Die festen Körper und also auch die Mineralien besitzen eine sehr verschiedene Kohäsion. Bei einem und demselben (krystallinischen) Mineral ist sie oft in bestimmten regelmäßigen Richtungen geringer, so daß bei Druck und Stoß sich nach diesen Richtungendie Stücke voneinander lösen (Spaltbarkeit, z. B. beim Steinsalz), meist aber findet keine Regelmäßigkeit statt (Bruchflächen). Der Widerstand, den die Körper bei der Trennung ihrer Teilchen an der Oberfläche dem Eindringen eines anderen entgegensetzen, die Kohäsion an der Oberfläche, heißt Härte, und so sind Spaltbarkeit, Bruch und Härte die wichtigsten Kohäsionseigenschaften für die Mineralien.

1. Kohäsionseigenschaften.

Nur äußerst wenige Minerale sind flüssig oder weich; die große Mehrheit derselben ist fest, und an diesen hat man immer die Spaltbarkeit, den Bruch und die Härte zu berücksichtigen.

Spaltbar ist ein Mineral nur, wenn es eine krystallinische Bildung hat. In diesem Falle zeigen seine Teile nach einer Richtung weniger Zusammenhang als nach der anderen. Man begegnet sehr verschiedenen Stufen der Spaltbarkeit, und es läßt sich z. B. der Glimmer in außerordentlich dünne Blättchen spalten (vergl. S. 9). Durch die Spaltung entstehen mehr oder minder ebene Flächen, welche die Krystalle in Blätter zerteilen und daher auch Blätterdurchgänge heißen. Sie stehen in bestimmter Beziehung zur

Krystallform; oft kann man krystallähnliche Körper herausspalten, wie beim Steinsalz: Würfel, und beim Kalkspath: Rhomboeder.

Der Bruch oder die Bruchfläche kommt da zum Vorschein, wo ein unspaltbares Mineral oder ein spaltbares, der Spaltungsrichtung entgegen, gewaltsam zerbrochen wird. Er hat bei vielen Mineralen ein sehr charakteristisches Ansehen, denn er ist entweder eben oder uneben, oder muschelig, letzteres z. B. beim Feuerstein. Auch ist er splitterig, hakig oder zackig, glatt, und endlich ist er sehr oft erdig, wie bei der Kreide und vielen anderen Mineralien.

Die Härte der Minerale wird bei ihrer Beschreibung besonders berücksichtigt. Manche sind so hart, daß die beste Feile sie nicht angreift, andere so wenig hart, daß man sie mit dem Fingernagel ritzen kann. Dazwischen liegen viele Stufen, die sich nicht wohl beschreiben lassen. Von zwei Mineralien ist natürlich dasjenige das härtere, welches fähig ist, das andere zu ritzen, ohne von diesem selbst geritzt zu werden. Man hat nun zehn bekanntere Minerale zu einer sogenannten Härteskala (von Mohs) in der Weise nebeneinander gestellt, daß jedes derselben sein vorhergehendes ritzt, von seinem folgenden aber selbst geritzt wird. Hierdurch erhält man vom weichsten Mineral, dem Talk, bis zum härtesten, dem Diamant, 10 Härtegrade, die durch die entsprechenden Nummern bezeichnet werden. Diese sind:

Härte 1 = Talk (Magnesiumsilikat);
„ 2 = Gips (Calciumsulfat) oder Steinsalz (NaCl);
„ 3 = Kalkspat (Calciumcarbonat);
„ 4 = Flußspat (Fluorcalcium);
„ 5 = Apatit (Calciumphosphat);
„ 6 = Feldspat (Kalithonerdesilikat);
„ 7 = Quarz (Kieselsäure);
„ 8 = Topas (Aluminiumsilikat und -fluorid);
„ 9 = Korund (krystallisierte Thonerde);
„ 10 = Diamant (krystallisierter Kohlenstoff).

Heißt es nun z. B., ein gewisses Mineral hat die Härte 7, so wissen wir, daß es die des Quarzes ist. Im Allgemeinen ist es leicht festzuhalten, daß eine niedere Zahl eine geringe, die höhere Zahl eine größere Härte bezeichnet. Auch merke man sich als praktische Regel, daß die Minerale bis zum Grade 8 von der englischen Feile angegriffen werden, bis 6 von einer Stahlklinge geritzt werden, über 6 mit dem Stahle Funken geben und Körper von der Härte 2 mit dem Fingernagel sich ritzen lassen.

Man muß also, um die Härte zu prüfen, eine Härteskala, die für ungefähr 8 Mark (abgesehen vom Diamant) zu kaufen ist, zur Hand haben. Ein Körper hat die Härte 5, wenn er vom Feldspat geritzt wird, selbst aber den Flußspat ritzt. Auch Zwischenstufen kann man noch unterscheiden. Ein Körper hat die Härte 5,5 würde heißen, er ritzt Apatit, wird aber vom Feldspat geritzt. Vielen Glassorten kommt diese Härte zu.

Häufig nimmt man die Trennung einzelner Teilchen der Mineralien vor, indem man die Kanten desselben über unglasiertes, hartes Porzellan

führt. Es werden Teilchen losgerissen, so daß man die Farbe deutlicher erkennen und daraus auf das Wesen des Minerals schließen kann. Man nennt dies den Strich des Minerals und erkennt mittelst desselben z. B. den Unterschied zwischen Schwarzkohle und Braunkohle. Auch beim Golde wendet man den Strich auf Probierschiefer (Kieselschiefer) an, um ein ungefähres Urteil über die Beschaffenheit des Goldes (Gehalt an reinem Gold) zu erhalten.

Auch andere Kohäsionseigenschaften sind noch zu berücksichtigen: Elasticität, Biegsamkeit, Geschmeidigkeit, Sprödigkeit, über die im physikalischen Teile ausführlicher gesprochen wird; bei der Beschreibung der einzelnen Mineralien werden alle diese Eigenschaften mit in Betracht kommen müssen, sobald sie etwas Besonderes darbieten. Sie sind so allgemein bekannt, daß sie hier nicht weiter definiert zu werden brauchen. Die Elasticität kommt nur bei einigen Mineralien in Betracht und ist bei den Krystallen nach den verschiedenen Achsen und Zwischenrichtungen verschieden. Die meisten Mineralien sind spröde, zerspringen bei Druck, Stoß u. s. w. in Stücke, Geschmeidigkeit wird nur selten beobachtet (Silber), während Biegsamkeit häufig bei blätterigen Mineralien, auch bei Spaltungsstücken hervortritt (Tenacität der Mineralien).

Das specifische Gewicht oder die Dichte eines Körpers ist das Gewicht eines Raumteiles desselben, verglichen mit dem Gewicht eines gleichen Raumteiles Wasser. So ist das specifische Gewicht des Bleies = 11 (genauer 11,34), denn 1 ccm Blei wiegt 11 mal so viel als 1 ccm Wasser von 4° C., also 11 g. Da unter gleichen Umständen ein Körper stets ein und dasselbe specifische Gewicht hat, so ist dies eins der wichtigsten Merkmale der Minerale. Man hat deshalb mit der größten Sorgfalt und wiederholt die Bestimmung ihrer specifischen Gewichte und zwar in der Regel bei 16° C. vorgenommen. Aus den Angaben der Chemie läßt sich entnehmen, daß in Mineralien von hohem specifischen Gewicht schwere Metalle enthalten sind. Die meisten Mineralien mit nicht metallischem Charakter haben specifische Gewichte zwischen 2 und 3; leichter als Wasser sind nur sehr wenige, die dann organischen Ursprungs sind. Zu den schwersten Mineralien gehören die Blei- und Quecksilberverbindungen, sowie die Schwermetalle selbst. Bei der Beschreibung der einzelnen Mineralien sind in den meisten Fällen die specifischen Gewichte mit angegeben. Über die Methoden, die specifischen Gewichte zu bestimmen, vergleiche man den dritten Teil des Buches der Natur, die Physik.

Hierher gehören auch die Erscheinungen, welche beim Anätzen der Krystalle hervortreten: die Ätzfiguren.

Man hatte bei natürlichen Krystallen sehr häufig Verwitterungsflächen bemerkt, die bei den krystallwasserhaltigen Krystallen durch Verlust von Wasser entstehen (Verwitterungsfiguren). So zeigen die Oktaeder der violetten Chromalaunkrystalle (s. Chemie S. 346) kreisrunde, weißlich violett gefärbte Flecke auf den einzelnen Flächen oder an den Ecken. Ätzt man Krystallflächen mit Wasser resp. mit Säuren oder Dämpfen (Salzsäure, Salpetersäure, Flußsäure, Ätzkali, Wasserdampf), so daß Auflösungen erfolgen, so zeigen sich ebenflächige vertiefte Figuren, deren Bau mit dem Bau der ge-

ätzten Fläche übereinstimmt und deren Symmetrie (regelmäßige Lage der Ätzflächen) der Symmetrie des Krystalls entspricht. Man wird daher aus diesen auf die Krystallisation schließen können. So haben z. B. Ätzfiguren auf der Basis der Apatitkrystalle (hexagonal) gezeigt, daß die Apatitkrystalle nicht holoedrisch sind, sondern hemiedrisch (Pyramiden dritter Ordnung). Bei anderen chemischen Prozeßen, die bei der Ätzung entstehen, z. B. mit Kalilauge und Salzsäure, entstehen auch andere Ätzfiguren. Auch zeigt sich, daß die einzelnen Krystallflächen und -Kanten verschieden angegriffen werden. In natürlichen Krystallen hat man so beim Topas, Quarz, Kalkspat Vertiefungen und in ihnen kleine, stehen gebliebene Erhabenheiten (bei künstlichen Ätzungen Ätzhügel genannt) gefunden, die den Ätzfiguren entsprechen. Setzt man Krystalle dauernd kontinuirlicher langsamer Auflösung aus, so zeigen sich an den Flächen und Kanten auch eigentümliche Figuren: Lösungsgestalten.

2. Optische Eigenschaften.

Die Minerale besitzen bei ihrer großen Mannigfaltigkeit ein sehr ungleiches Verhalten zu den Lichtstrahlen, indem manche sie durchlassen und zugleich ablenken oder brechen, und andere dieselben in besonderer Weise zurückwerfen. Daher gehören die Durchsichtigkeit, das Brechungsvermögen, der Glanz und die Farbe zu den wichtigsten Erkennungszeichen vieler Mineralien.

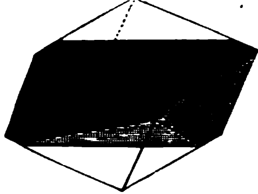
Die Durchsichtigkeit (Pelluciditát) ist entweder vollkommen, was namentlich bei wohl ausgebildeten Krystallen der Fall ist, und wenn sie an einem Mineral zugleich mit Farblosigkeit auftritt, so wird dasselbe wasserhell genannt (z. B. Bergkrystall), — oder sie ist unvollkommen; geringere Grade der Durchsichtigkeit bezeichnet man durch die Ausdrücke: halbdurchsichtig, durchscheinend, an den Kanten durchscheinend, bis undurchsichtig.

Hierbei ist wohl zu berücksichtigen, daß die Dicke eines betrachteten Minerals vom wesentlichsten Einfluß auf die Durchsichtigkeit ist, denn zu sehr dünnen Blättchen geschliffen oder geschlagen, sind selbst die undurchsichtigsten Körper durchscheinend bis durchsichtig (Metalle: Gold).

Die Lichtbrechung kann natürlich nur an vollkommen durchsichtigen Krystallen beobachtet werden. Dieselbe ist sehr verschieden, indem z. B. die Edelsteine das Licht sehr stark brechen, während dies bei anderen Mineralen nur in geringem Grade der Fall ist. Eigentümlich ist die sogenannte doppelte Strahlenbrechung. Viele Minerale brechen nicht allein den einfallenden Lichtstrahl, sondern trennen ihn in zwei Teile, die in besonderen Richtungen weiter gehen, so daß man von einem schwarzen Strich oder Punkt, den man in gewisser Richtung durch den Krystall betrachtet, zwei Bilder sieht. Der Kalkspat ist das bekannteste Mineral, bei welchem die doppelte Strahlenbrechung besonders deutlich sichtbar ist. Legt man ein rhomboedrisches Spaltungsstück von Kalkspat auf einen auf einer Papierfläche befindlichen schwarzen Punkt, so erscheint derselbe doppelt. Beim Drehen des Krystalles sieht man, daß in einer bestimmten Stellung der Punkt einfach erscheint. Auch zeigt sich, daß der zweite Punkt etwas schwächer ist. Die Doppelbrechung kommt niemals bei

Mineralen vor, welche im regulären System krystallisieren; auch findet sie bei anderen Krystallen nicht in jeder Richtung statt. Wählt man solche, die dem quadratischen und hexagonalen System angehören, so läßt sich an denselben eine gewisse Linie nachweisen, parallel welcher keine doppelte Brechung stattfindet, und diese Linie heißt die *optische Achse* des Krystalles. Sie hat Beziehung zur krystallographischen Achse desselben und die hierher gehörigen Krystalle werden *optisch-einachsige Krystalle* genannt. Die Krystalle der übrigen Systeme sind *optisch-zweiachsig*, da an ihnen zwei Linien aufzufinden sind, bei welchen, parallel hindurchgesehen, ein Strich oder Punkt nicht doppelt erscheint. Beim Kalkspat fällt die optische Achse zusammen mit der Hauptachse des Krystalles. Schleift man an einem solchen, wie bei Fig. 80 angedeutet ist, die stumpfen Ecken hinweg und legt die entstandene Schnittfläche auf einen schwarzen Strich, so erscheint derselbe nicht doppelt.

Fig. 80.



Eine wichtige praktische Anwendung wird von dünnen Plättchen gemacht, die man parallel zur Hauptachse aus den Krystallen eines Minerals geschnitten hat, das später beschrieben und der *Turmalin* (vergl. S. 37) genannt wird. Solche Plättchen besitzen nämlich die Eigenschaft, das Licht zu *polarisieren* (vergl. Physik), und zwei derselben, wie Fig. 81 zeigt, umdrehbar in Drahtringe gefaßt, bilden als sogenannte *Turmalinzange* einen kleinen Polarisationsapparat. Zwei solche Plättchen *abcd* und *efgh*, Fig. 82, erscheinen durchsichtig, wenn sie so aufeinander gelegt werden, daß ihre Krystallachsen, welchen die Schraffierung entspricht, parallel sind. Dreht man hierauf die eine Platte so lange, bis beide Achsen zu einander rechtwinkelig sind, Fig. 83, so nimmt die Durchsichtigkeit fortwährend ab, bis sie zuletzt ganz verschwindet. Schiebt man nun zwischen die gekreuzten Platten den Krystall eines Minerals, so bleibt die Dunkelheit, wenn das Mineral nicht doppeltbrechend war; sie verschwindet dagegen, wenn es doppeltbrechend ist. Optisch-einachsige Mineralplättchen zeigen zwischen den gekreuzten Plättchen kreisrunde farbige Ringe mit einem dunklen Kreuz, Fig. 84; optisch-zweiachsige Krystalle

Fig. 81.

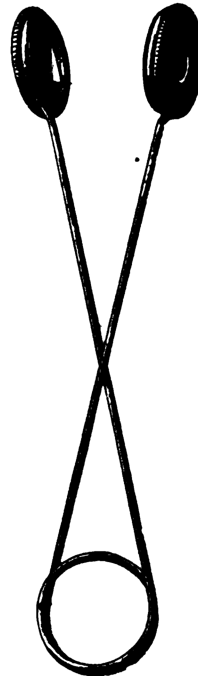
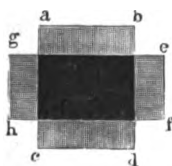


Fig. 82.



Fig. 83.



geben elliptische *Farbenringe* (Fig. 85) mit zwei dunklen Streifen. Man

hat demnach in der Turmalinzange ein wesentliches Hülfsmittel bei krystallographischen Bestimmungen. (Ausführlicheres in der Physik.)

Fig. 84.

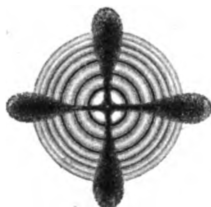
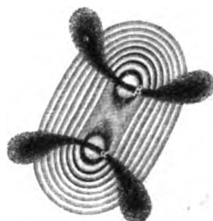


Fig. 85.



Pleochroismus: Ebenso befindet sich im Zusammenhange mit der Krystallform die eigentümliche Erscheinung, daß man beim Betrachten einfarbiger Krystalle nach gewissen Richtungen verschiedene Färbungen wahrnimmt; man bezeichnet diese Erscheinung als Dichroismus. Reguläre Krystalle haben keinen Dichroismus; an quadratischen und hexagonalen treten zweierlei, an denen der anderen Systeme sogar dreierlei Farben auf (Trichroismus), so beim Beryll, Turmalin [1]).

Manche Mineralien zeigen auch in bestimmten Richtungen einen eigentümlichen Glanz, einen Farbenschiller, wie er besonders beim Labradorit (einer Feldspatart) hervortritt; noch andere besitzen ein buntes Farbenspiel (z. B. der Opal). In der Krystallstruktur ist auch der Asterismus begründet, ein nach bestimmten Richtungen konzentrierter Lichtschein, welcher z. B. bei manchen Saphiren im zurückgeworfenen oder durchgelassenen Lichte bemerkbar wird.

Der Glanz der Minerale ist abhängig von der Beschaffenheit ihrer Oberfläche. Er ist um so vollkommener, je mehr diese sich der Beschaffenheit eines Spiegels nähert. Feine Risse, Unebenheiten 2c. bedingen jedoch besondere Eigentümlichkeiten des Glanzes, daher dieser nach Art und Stärke eine besondere, leicht verständliche Bezeichnung erhielt.

So unterscheidet man: Metallglanz, Diamantglanz, Glasglanz, Harz-, Pech-, Wachs- oder Fettglanz, Perlmutterglanz und Seidenglanz. Man bezeichnet ferner die Minerale als starkglänzend, glänzend, wenig glänzend, schimmernd und matt, welches letztere z. B. beim erdigen Bruch der Fall ist.

Man sieht also, daß die Bezeichnungen von Vergleichen hergenommen sind. Es lassen sich diese Unterschiede nicht beschreiben und nicht messen, nur der ungefähre Grad wird durch die Zusatznote angegeben.

Die Farbe wird bei den Mineralen durch die Ausdrücke angegeben, deren wir uns gewöhnlich zu ihrer Bezeichnung bedienen. Als sogenannte

---

[1]) Hier wie auch sonst sind als Beispiele solche Mineralien gewählt, deren mehr oder minder ausführliche Beschreibung im besonderen Teile (specielle Mineralogie) gegeben ist; nur in einzelnen Fällen findet sich allein die Namennennung. Auch können aus dem speciellen Teile leicht andere Beispiele für die einzelnen Fälle herausgesucht werden.

Hauptfarben sind Weiß, Grau, Schwarz, Blau, Grün, Gelb, Rot, Braun angenommen, zwischen welchen nun eine Menge von Mischfarben in allen möglichen Abstufungen liegen. Man hat für diese eine sogenannte Farbenskala, ähnlich wie die Härteskala entworfen, indem man die Farbe eines bestimmten Minerals mit einem besonderen Namen bezeichnete. Doch spielt die Farbe keine so wichtige Rolle als Unterscheidungsmerkmal, wie man anzunehmen geneigt ist. Sie wird nämlich außerordentlich beeinflußt durch oft sehr geringe Beimengungen, so daß sich hieraus auch die große Zahl von Varietäten einiger Mineralien erklärt. Der Quarz (SiO_2), der farblos durchsichtig als Bergkrystall auftritt, ist schwarz als Morion, braun als Rauchtopas; und fleischfarben, rot, grün und violett sind Farben, die dem Quarz in bestimmten sonstigen Varietäten eigen sind.

Die Farbenabstufungen werden durch die gewöhnlichen Zusätze: dunkel, hell, tief, die Mischfarben durch die Anhängungssilbe lich: gelblich, rötlich und durch Zusammensetzung der Einzelfarbenbezeichnungen angedeutet: rötlichbraun, gelblichgrün, rotgelb 2c. Nur wenige Mineralien besitzen stets dieselbe Farbe: Malachit grün, Azurit blau, Schwefelkies gelb. Diese und andere haben dann zu Vergleichsausdrücken gedient: malachitgrün, schwefelgelb; bernsteingelb.

Das farbige und bunte Anlaufen der Minerale, bei welchem man häufig die schönsten taubenhalsigen, pfauenschweifigen Farbenspiele wahrnimmt, rührt davon her, daß die Oberfläche des Minerals einen fremdartigen dünnen Ueberzug, meist durch beginnende Oxydation, erhalten hat, wie manche Steinkohlen durch Verwitterung des in ihnen enthaltenen Schwefelkieses (Farben dünner Blättchen oder Schichten).

Einige Minerale haben die Eigenschaft, unter gewissen Umständen, z. B. wenn sie etwas erwärmt oder längere Zeit von der Sonne bestrahlt werden, im Dunkeln einen schwachen violetten Lichtschein zu verbreiten, das sogenannte Phosphoreszieren.

Fluorescenz. Sie besteht darin, daß ein durch eine Linse auf den betreffenden Körper geworfenes Strahlenbündel (z. B. der Lichtkegel einer Sammellinse) diesen Körper Licht anderer Brechbarkeit (bläulich) aussenden läßt. Besonders schön zeigen dies die Flußspate von grüner und blauer Farbe.

Phosphorescenz. Das Eigenleuchten der Körper, wie beim Phosphor, der im Dunkeln durch Verdampfen oder bei gewöhnlicher Oxydation leuchtet, kann in verschiedener Weise hervorgerufen werden, so durch Bestrahlung, wie beim Diamant, durch Erwärmen, wie beim Flußspat, Topas, beim blauen Steinsalz u. s. w.; durch Elektricität, wie beim Flußspat und gebrannten Baryt, und durch Stoß, Reibung: Zinkblende, Quarz (besonders schön zeigen die Achate diese Erscheinung beim Schleifen, sie werden förmlich durchleuchtet); die Unterscheidungen der Calorescenz (Leuchtendwerden durch Bestrahlung mit dunkler Wärme), Luminescenz (Leuchtendwerden ohne Temperaturerhöhung), welche die oben genannten Erscheinungen zum Teil in sich begreifen, sind nur physikalisch von Wichtigkeit.

Einige dieser Körper senden, namentlich wenn sie künstlich dargestellt werden, wie das hexagonale Zinksulfid, nach der Bestrahlung mit Sonnen-

oder Magnesiumlicht, Phosphorescenzlicht aus, das ähnlich wie die Röntgen- oder X-Strahlen (vergl. Physik) photographische Wirkungen hervorruft, und Uran und Uransalze zeigen sogar eine eigentümliche unsichtbare Phosphorescenz (Hyperphosphorescenz). Turmalin, Rubin, Saphir mit Kathodenlicht bestrahlt, erzeugen X-Strahlen von verschiedener Wirksamkeit (Kathodenluminescenz). Uranpecherz (Pechblende und Uranit), sowie Chalkolith senden solche unsichtbaren Strahlen in noch stärkerem Maße aus als metallisches Uran (Uranstrahlen). Es wird nach Untersuchungen vermutet, daß diese Eigenschaften von einem besonderen Elemente (Polonium) herrühren.

3. Verhalten der Mineralien zu Elektricität und Magnetismus.

Die Mineralien, welche schwere Metalle enthalten, vermögen die Elektricität gut zu leiten, wie die Metalle selbst, auch Graphit ist ein guter Leiter. Die meisten Mineralien sind Halbleiter, wie Marmor, doch verhalten sie sich hierin oft sehr verschieden, je nach der Aggregation. Beim Reiben werden alle Mineralien elektrisch, wenn man verhindert, daß die entstandene Elektricität sofort wieder abgeleitet wird. Einige werden auch beim Erwärmen elektrisch (Pyroelektricität): Boracit, Topas, Baryt, Flußspat, andere beim Druck (Piëzoelektricität): Kalkspat, Aragonit.

Magnetische Eigenschaften zeigen verhältnismäßig nur wenige Minerale. Es sind dies vorzugsweise diejenigen, welche Eisen enthalten. Die Annäherung des Minerals an die Magnetnadel giebt sein Verhalten leicht zu erkennen. Oft benutzt man diese Eigenschaft, um aus Mineralgemischen und Mineralstückchen mit einem Magnet einen Teil (z. B. Magneteisenstein) von den nichtmagnetischen Teilchen zu trennen.

4. Verhalten der Mineralien zur Wärme.

Verhalten der Mineralien bei erhöhter Temperatur. Da in höherer Temperatur die Mineralien oft stoffliche chemische Umwandlungen erleiden, so wird ein Teil dieser Erscheinungen dem chemischen Gebiete angehören.

Ausdehnung. Die Mineralien dehnen sich, wie fast alle Körper, beim Erwärmen aus; die Größe der Ausdehnung ist bei den Krystallen nicht nach allen Richtungen hin gleich, nur bei den Krystallen des regelmäßigen Systems ist dies der Fall, bei den sonstigen ist die Ausdehnung den Qualitäten der Achsen nach verschieden (vergl. Physik). Die Ausdehnung durch die Wärme kann auch noch andere Veränderungen hervorbringen, namentlich wenn sie von starker Abkühlung abgelöst wird und sich dieser Prozeß häufig wiederholt. Es können Sprünge, Risse entstehen, das Gefüge kann gelockert werden, mechanisch eingeschlossene Feuchtigkeit wird dies feste Gefüge zersprengen, wobei die Verdampfung derselben mitwirkt (Zerknistern der Salze), auch Farbenänderungen können durch Temperaturänderungen hervorgebracht werden.

Schmelzbarkeit. Diejenigen Mineralien, welche durch erhöhte Temperatur nicht etwa eine chemische Änderung erleiden, werden aus dem festen Zustande in den flüssigen übergeführt; manche verdampfen auch, ohne daß

vorher eine Verflüssigung (eine Schmelzung) eingetreten ist, doch ist dies verhältnismäßig selten der Fall (Salmiak, Arsenik).

Die Temperatur, bei welcher die Schmelzung erfolgt, ist sehr verschieden, bei 1000 bis 1400° tritt bei den meisten Mineralien Verflüssigung ein; sehr hohen Temperaturen widersteht kein Mineral, so läßt sich z. B. auch Quarz, Thon dann leicht schmelzen. Manche zeigen vor dem vollständigen Verflüssigen eine Halbschmelzung, eine Sinterung. Verhindert man die chemische Zersetzung in hoher Temperatur, was in manchen Fällen durch Einschließen in feste Gefäße möglich ist, so schmelzen dann auch die Mineralien, die sich beim Erhitzen zersetzen, wie das Calciumcarbonat, das dann beim Erstarren marmorähnliche Struktur annimmt.

Es schmilzt

Orthoklas (Feldspat)	bei 1175°
Quarz	„ 1430
Almandin	„ 1265
Natrolit	„ 965

Viele Mineralien gehen vor dem Schmelzen in den zähen, halbweichen Zustand über (wie der Siegellack), so daß dadurch die Bestimmung des Schmelzpunktes oft erschwert wird.

In der Wärmeleitungsfähigkeit zeigen die Mineralien eine ähnliche Verschiedenheit wie bei der Leitung der Elektricität. In den Mineralien, welche Schwermetalle enthalten, pflanzt sich die Wärme schnell fort, sie sind gute Wärmeleiter, wie die Metalle, die übrigen sind Halbleiter, einige sind schlechte Leiter, wie der Schwefel. Die Wärmeleitung ist namentlich für die Verbreitung der Wärme in dem Erdboden von Wichtigkeit. Bei den Krystallen ist, abgesehen von den regulären Formen, die Wärmeleitungsfähigkeit nach verschiedenen Richtungen verschieden; diese Richtungen stehen zu den Achsen in engster Beziehung. Das Entsprechende findet, wie zuvor schon erwähnt, auch bei der Ausdehnung durch die Wärme statt, nur bei den isotropen Krystallen (reguläres System, Krystalle mit drei Hauptachsen) ist die Ausdehnung (Leitungsfähigkeit) in jeder Richtung dieselbe, bei den anisotropen (Krystallsystemen mit ungleichwertigen Achsen) nicht.

Die specifische Wärme, d. h. die Wärmemenge, welche ein Körper aufzunehmen vermag im Vergleich mit der, welche durch eine gleich große Gewichtsmenge Wasser aufgenommen wird, um bis zu derselben Temperatur erhitzt zu werden (vergl. Physik), ist bei den Mineralien sehr verschieden, in den meisten Fällen 0,1 bis 0,2 (Korund 0,19, Granat 0,17, Kalkspat 0,206, Kobaltglanz 0,27), wenn man die Wärmenge, welche die gleiche Gewichtsmenge Wasser gebraucht, um um 1° erwärmt zu werden, = 1 setzt. — Diese Verhältnisse spielen namentlich bei den Mineralien, welche gesteinsbildend auftreten, eine wichtige Rolle; die Wärmeverteilung in der Erdoberfläche selbst ist mit dadurch bedingt. Das Verhalten der Mineralien gegen die strahlende Wärme wird in der Physik erörtert. Manche Mineralien lassen die Wärme sehr gut hindurch (sie sind diatherman), wie das Steinsalz, ebenso Bergkrystall, auch wenn er dunkel gefärbt ist. Alaun läßt dagegen die Wärmestrahlen

faſt gar nicht durch (er iſt atherman, adiatherman); es hängt alſo die Durchſichtigkeit nicht mit der Durchſtrahlbarkeit zuſammen [1]).

5. Physiologiſche Merkmale.

Bei weitem die Mehrzahl der Minerale iſt ohne beſonderen Geruch. Bei einigen iſt derſelbe jedoch vorhanden und ſehr bezeichnend. Er rührt alsdann meiſt von eingemengten Stoffen her und wird mitunter erſt merkbar, wenn das Mineral geſchlagen, gerieben, angehaucht oder befeuchtet wird, z. B. beim Thon beim Anhauchen; beim Stinkkalk tritt beim Ritzen ein eigentümlicher Geruch auf, derſelbe rührt von beigemengtem Bitumen (Erdharz) her. Beim Erwärmen verbreiten mehrere, wie arſen- und ſchwefelhaltige, einen eigentümlichen Geruch infolge chemiſcher Veränderung.

Geſchmack haben nur die in Waſſer löslichen Minerale, welche die Minderzahl bilden. Er hängt von den chemiſchen Beſtandteilen ab, und er iſt rein ſalzig beim Steinſalz, bitter bei den Magneſia- oder Bittererdeſalzen, kühlend bei den ſalpeterſauren Salzen u. ſ. w.

Beim Anfühlen verhalten ſich manche Minerale eigentümlich, indem ſie entweder rauh ſich anfühlen, wie namentlich Trachytgeſtein, oder fettig, was beim Speckſtein oder Talk der Fall iſt. Einige, wie z. B. die Edelſteine, fühlen ſich kalt an, ſie ſind dann gute Wärmeleiter; den Marmor kann man ſo vom Gips (Alabaſter), der ſchlechter leitet, unterſcheiden. Manche Minerale beſitzen die Eigenſchaft, Waſſer mehr oder minder einzuſaugen, und es giebt deren, die letzteres mit ſolcher Stärke thun, daß ſie am befeuchteten Finger oder an der Zunge hängen bleiben oder kleben, wenn ſie damit berührt werden, was hauptſächlich gewiſſe Thone thun.

E. Chemiſche Eigenſchaften der Mineralien.

1. Chemiſches Verhalten der Mineralien.

Da die Mineralien Elemente oder chemiſche Verbindungen derſelben ſind, teilen ſie alle Eigenſchaften mit denſelben. Sie werden daher auch, wie oben erwähnt, künſtlich dargeſtellt, oder finden ſich auch in den Produkten induſtrieller Anlagen, bei denen die Bedingungen ähnlich ſind denen, unter welchen ſich die Mineralien in der Natur gebildet haben. Die Schwierigkeit bei der künſtlichen Darſtellung der Mineralien liegt nicht ſo ſehr in der Darſtellung der entſprechenden chemiſchen Verbindung, als in der Herſtellung der Strukturform, in welcher das Mineral in der Natur vorkommt. Am früheſten hatte man ſich bemüht, die Edelſteine künſtlich herzuſtellen; dieſe Produkte würden den natürlichen vollſtändig gleich ſein (an Stoff, Farbe ꝛc.) und müßten den Nachahmungen (in Straß, einem Glasfluß) gegenüber als echt, wie die

[1]) In Beziehung auf Veränderung des Aggregatzuſtandes giebt der Schmelzpunkt für das Erkennen der Mineralien wichtige Anhaltspunkte; es werden kleinere Mengen der Subſtanz mit dem Lötrohr (ſiehe im folgenden Abſchnitt) geprüft. Die Temperatur, die man mit der Lötrohr-Flamme erhält, reicht nicht aus, um Quarz zu ſchmelzen.

natürlichen, bezeichnet werden. Es ist in der That auch gelungen, die Edelsteine künstlich zu erzeugen; aber auch bei vielen anderen Mineralien ist es nicht schwierig, sie in Formen, ähnlich den in der Natur vorkommenden, zu erhalten.

Bei vielen Hüttenprozessen entstehen Mineralien, wie sie auch in der Natur vorkommen. Durch Sublimation (unter Luftabschluß) werden erhalten: Bleiglanz, Zinkblende, Arsen, Zinnober, Auripigment, ebenso Salmiak, Kochsalz. Durch Zersetzung von Dämpfen bei hoher Temperatur entstehen die mannigfaltigsten Mineralien, so daß im Vesuv viele eigentümlichen Verbindungen gefunden sind. Man kann künstlich durch Einwirkung von Chlor- und Schwefelwasserstoff in höherer Temperatur Chlormetalle, Blenden und Glanze erhalten, wie Zinkblende, Antimonglanz, ja es ist gelungen, Rotgültigerz zu bekommen. Auch die Methoden, die sonst zur Krystallisation dienen, Lösen (z. B. der Vitriole), Schmelzen, führen vielfach zum Ziele; besonders interessant sind die Nachbildungen, die man durch langsames Einwirken gelöster Stoffe durch poröse Wände hindurch erhalten kann. Es gelingt, Gips, Baryt, Rotbleierz, Weißbleierz und viele andere so zu erhalten, so daß man den Satz wohl aussprechen darf, daß alle Mineralien sich künstlich darstellen lassen. Ob dabei die Natur denselben Weg gewählt hat, ist nicht immer nachweisbar, so daß die Entstehung (Genesis) mancher Mineralien (wie Quarz, Diamant) nicht für alle Vorkommnisse sicher feststeht.

Da wir die Minerale als in der Natur gebildete chemische Verbindungen oder Elemente (gediegen Schwefel, Silber u. s. w.) bezeichnen können, so müssen sie folgerichtig die ihren Bestandteilen angemessenen Eigenschaften haben, die sich namentlich bei der Zersetzung zu erkennen geben.

Wenn also Gestalt und physikalische Kennzeichen nicht ausreichen, um ein Mineral zu erkennen und zu bestimmen, so nimmt man chemische Einwirkungen zu Hülfe. Die Fragen, die der Mineralog an die Chemie stellt, sind nun zweierlei; erstlich: welche Stoffe sind in dem Minerale enthalten und dann, wie viel ist von jedem vorhanden.

Die Beantwortung der letzteren Frage erfordert eine vollständige Zerlegung des Minerals in seine Bestandteile und genaue Wägung der letzteren, welche Operation als quantitative Analyse bezeichnet wird. Sie erfordert stets einen Aufwand von viel Zeit und Sorgfalt.

Die qualitative Analyse ist das Verfahren, das nur beantwortet, welche Stoffe irgend ein Körper enthält, und ist in der Regel rascher ausführbar, namentlich für den Mineralogen, der ja noch andere Hülfsmittel der Erkennung hat. Er bedient sich deshalb soviel als möglich nur der einfachsten chemischen Hülfsmittel, die er leicht überall hin mitnehmen und handhaben kann, und wählt vorzugsweise die zersetzende Eigenschaft der Wärme, und die auflösende des Wassers und der Säuren. Die Zuziehung der ersteren heißt eine Untersuchung auf trockenem, die der letzteren auf nassem Wege.

2. Verhalten der Mineralien zur Wärme.

Die Wärme wird in verschiedenen Graden der Steigerung, vom bloßen gelinden Erwärmen bis zur stärksten Glühhitze, angewendet. Um letztere her-

vorzubringen, dient das Lötrohr (Fig. 86). Es ist aus Messing und besteht aus dem längeren Teile *ab*, gewöhnlich mit einem Mundstück von Horn oder Elfenbein bei *a* versehen; sodann aus dem erweiterten Luftbehälter *cd*, der auch zur Aufnahme der beim Blasen mitgeführten Feuchtigkeit dient, und aus der Spitze *fg*, die eine kleine Platinhülse *h* mit feiner Öffnung hat. Die Handhabung des Lötrohres ist aus der Fig. 87 ersichtlich. Indem man vermittelst

Fig. 86.

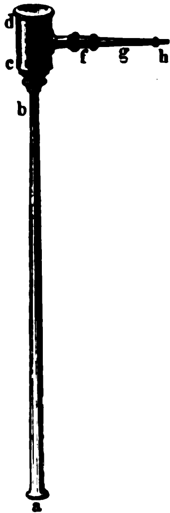
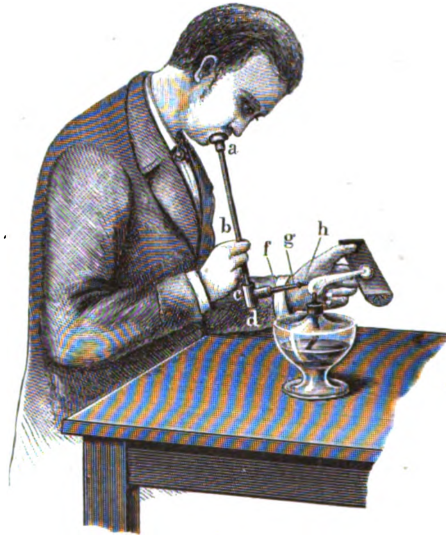


Fig. 87.



des Lötrohres in eine Flamme bläst, erreicht man im kleinen, was der Schmied durch den Blasebalg bezweckt, nämlich die Erzeugung einer starken Hitze auf einem beschränkten Raume. Um die Flamme andauernd zu erzeugen, bedarf es einiger Übung. Man übe sich zunächst, mit aufgeblasenen Backen und geschlossenem Mund durch die Nase zu atmen und auszuatmen, und dann gleichzeitig etwas von der eingeatmeten Luft durch den Mund hinauszublasen. Es gelingt dann bald, das Lötrohr so zu handhaben, daß eine andauernde Flamme entsteht. Die erweiterte Mundhöhle dient als Luftreservoir, die gespannten Backenmuskeln geben den erforderlichen Druck.

Die Flamme erhält durch das Lötrohr eine kegelförmig zugespitzte Gestalt, und in diese Lötrohrflamme bringt man jetzt kleine Stückchen (halblinsengroß) oder sog. Lötrohrproben des zu untersuchenden Minerals. Entweder wird die Probe in einer kleinen Zange mit Platinspitzen gehalten, oder man legt sie auf ein Stück wohl ausgebrannter Holzkohle, in dem man eine kleine trichterförmige Grube angebracht hat. Bei gelindem Erwärmen legt man häufig die Probe in eine Glasröhre und erwärmt diese ohne Hülfe des Lötrohres an einer Weingeistlampe, wenn nicht Gas zur Verfügung steht und man den Bunsen'schen Brenner anwenden kann (vergl. Chemie, S. 41).

Bei diesen Versuchen wendet man nun seine Hauptaufmerksamkeit auf

die Schmelzbarkeit und Flüchtigkeit der Probe und darauf, ob sie der Lötrohrflamme eine besondere Farbe erteilt.

Die Schmelzbarkeit der Minerale ist sehr verschieden. Während einige schon bei gelinder Wärme an der Flamme schmelzen, wie manche Salze, sind andere erst in der stärksten Hitze, manche bei den Temperaturen, wie wir sie gewöhnlich erzeugen können, gar nicht schmelzbar. Man bezeichnet dieses durch die Ausdrücke: sehr leicht — leicht — ziemlich schwer — schwer — sehr schwer schmelzbar und unschmelzbar.

Beim Schmelzen treten noch manche beachtenswerte Erscheinungen auf, indem einige Minerale ruhig schmelzen, andere kochen, sich aufblähen, blättern, spritzen u. s. w. Die geschmolzene Masse ist entweder glasig oder schlackig, porzellanartig, oder sie bildet ein Kügelchen oder Korn, was namentlich die Metalle thun.

Flüchtige Stoffe werden beim Erwärmen der Minerale sehr häufig ausgeschieden. Namentlich geben dieselben fast immer Wasserdampf ab, und es ist darauf zu achten, ob dieses Wasser bloß äußerlich anhaftend oder chemisch gebunden (Krystall= oder Hydratwasser) war; auch hygroskopischer Natur kann das Wasser gewesen sein, wie man es bei zerfließlichen Mineralien immer finden wird. Manche Minerale entwickeln Gasarten, wie z. B. der Kalk Kohlensäure, der Braunstein Sauerstoff. Zugleich entstehen unter Mitwirkung des Sauerstoffs der Luft beim Glühen manche neue Verbindungen. So überziehen sich die Bleierze leicht mit einem gelben Überzug von Bleioxyd, die antimonhaltigen mit weißem Antimonoxyd, die Schwefelmetalle geben die am erstickenden Geruch leicht erkennbare schweflige Säure, und die arsenhaltigen nach Knoblauch riechenden Dampf und weißen Anflug von arseniger Säure. Da diese Körper in der Lötrohrflamme flüchtig sind, setzen sie sich in der Nähe des Kohlengrübchens als Beschlag an; so giebt Blei einen gelblichen, Antimon und Zink einen weißen Beschlag, der des Zinks wird beim Erhitzen gelblich.

Schon aus der bisherigen Darstellung geht hervor, daß die Mineralogie ohne Vorkenntnisse in der Chemie nicht getrieben werden kann; die chemische Zusammensetzung der Mineralien, die wichtigste ihrer Eigenschaften, ist nur zu verstehen, wenn die Grundbegriffe: Element, Atomgewicht, chemische Zeichen, Verbindungs=, Zersetzungsprozeß und die Eigenschaften der wichtigsten chemischen Verbindungen bekannt sind. Wenn nicht, wie bei diesem kurzen Werke, durch besondere Darlegung der Gesetze der Physik und Chemie die Möglichkeit zur Orientierung gegeben ist, müssen die chemischen Begriffe in der Mineralogie selbst auseinandergesetzt werden, wie es auch in einigen Lehrbüchern geschieht.

Die Versuche auf dem geebneten Kohlenstücke (Buchenholzkohle) lassen sich auch anstellen mit kleinen Probierröhrchen, die man sich durch Ausziehen von Glasröhren herstellen kann.

Ein kleines Stückchen des Minerals wird hineingebracht und erhitzt. So kann man namentlich die entweichenden Gase untersuchen (Sauerstoff) und die Sublimation (Schwefel, Quecksilber, Arsentrioxyd ꝛc.). Mengt man das zerkleinerte Mineral mit etwas Holzkohle und erhitzt, so kann man auch zum Teil die unten angegebenen Wirkungen der Reduktionsflamme bekommen (Metallkörner, Anflüge).

Die Farbe der Lötrohrflamme ist häufig ein vortreffliches Mittel zur Erkennung der Anwesenheit gewisser Stoffe. So erteilt ihr der Dampf von Lithium und Strontium und der betreffenden Verbindungen eine purpurrote, von Calcium eine morgenrote, von Kalium eine violette, von Baryum und flüchtigen Verbindungen dieser Metalle eine grüne, von Natrium eine hochgelbe Färbung, wodurch die des etwa gleichzeitig vorhandenen Kaliums verdeckt wird. Diese tritt wieder hervor, wenn man die Flamme durch ein blaues Kobaltglas betrachtet, weil das blaue Glas die gelben Strahlen des leuchtenden Natriumdampfes nicht hindurchläßt.

Die Spektralanalyse zeigt (vgl. Physik), wie eine unglaublich geringe Spur eines Körpers, die in einer Flamme als Dampf auftritt, ein aus eigentümlichen Linien bestehendes Farbenbild oder Spektrum erzeugt, das durch die optische Vorrichtung, Spektroskop genannt, beobachtet wird. Letzteres leistet daher hervorragende Dienste in der qualitativen Untersuchung der Minerale und gehört zu den notwendigsten Ausrüstungsgegenständen des Mineralogen.

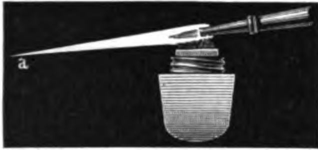
Auch in der Chemie spielt die Spektralanalyse eine wichtige Rolle. Durch sie sind neue Elemente entdeckt (Caesium, Rubidium), durch sie (s. Chemie, S. 207) können in Lösungen oft bestimmte Farbstoffe nachgewiesen werden, die sonst die Analyse nicht zu entdecken vermag.

Bis jetzt wurden die Proben nur hinsichtlich ihres Verhaltens in der Hitze betrachtet. Häufig nimmt man jedoch noch die Einwirkung chemischer Stoffe zu Hülfe, die besondere Erscheinungen veranlassen. Solche sind: der Sauerstoff der Luft, die als Unterlage dienende Kohle, die Gase des inneren Teiles der Lötrohrflamme, das kohlensaure Natrium (Soda), der Borax, das phosphorsaure Natrium-Ammonium (Phosphorsalz) und seltener das Cyankalium.

Den Einfluß des Sauerstoffs der Luft haben wir bereits als einen oxydierenden kennen gelernt. Zum Verständnis der Anwendung des Lötrohres müssen wir erinnern an die in der Chemie gegebene Beschreibung und Erklärung der Flamme. Hiernach findet eine Verbrennung nur an ihrem äußeren Saume und an der Spitze statt, während im Inneren derselben sich kohlenwasserstoffhaltige Gase und Dämpfe befinden. Diese Gase, deren Bestandtheile C und H sich leicht mit dem Sauerstoff verbinden, können daher auch zur Entziehung desselben — Desoxydation oder Reduktion genannt — verwendet werden. Es folgt hieraus, daß bei der Behandlung einer Probe vor dem Lötrohre es nur die Spitze der Flamme ist, die dem Sauerstoff Zutritt gestattet, und die daher auch die Oxydationsflamme des Lötrohres heißt. Wird dagegen die Probe in den breiteren, inneren Teil der Flamme gebracht, der nicht leuchtend ist, so wirkt dieser reduzierend, wenn die Probe eine Sauerstoffverbindung enthält. Dieser Teil der Flamme wird die innere oder Reduktionsflamme genannt. So kann z. B. ein Stückchen Zinn an der äußeren Flamme leicht in weißes Oxyd verwandelt und in der inneren Flamme alsbald wieder zu einem metallischen Korn reduziert werden. Die eigentliche Oxydationsflamme wird hervorgebracht, wenn man die Spitze des Lötrohres in die Flamme einführt, Fig. 88; sie ist spitz, blau und schwach leuchtend. Zur Hervorbringung der Reduktionsflamme, Fig. 89, wird das Lötrohr dem Saume der Flamme genähert und etwas schwächer geblasen. Sie ist breit, gelb leuchtend und bei

weitem weniger Hitze gebend als die vorhergehende. Nachstehende Figuren zeigen in nahezu halber Größe den Querschnitt einer kleinen Öllampe mit schief abgeschnittenem Docht, wie sie der Mineralog in seinem Bestecke mit

Fig. 88.



a Stelle, in die der Körper gebracht worden ist.

Fig. 89.



a Stelle, in die der Körper gebracht worden ist.

sich führen kann. Vorzüglich geeignet zu Lötrohrversuchen sind schmale Gasflammen, auch die Spiritusflamme läßt sich verwenden.

Bei Reduktionsversuchen wird die Probe auf ein Stück Holzkohle gelegt, die eine wesentliche desoxydierende Mitwirkung äußert.

Zusätze von Soda und Borax zur Lötrohrprobe werden Flußmittel genannt, da sie zunächst die Herstellung leichter schmelzbarer Verbindungen bezwecken. Bei Versuchen der Art wird die Probe im Öhr eines umgebogenen Platindrahtes gehalten. Zweckmäßig schmilzt man das Ende *A* (Fig. 90) in ein Glasröhrchen ein und taucht die ausgeglühte Öse *B* in die Substanz, welche daran befestigt werden soll. Vielfach schmilzt, wenn der Draht glühend war, gleich eine gewisse Menge an, sonst befeuchtet man die Öse, taucht sie in die Probe und erhitzt vorsichtig, bis die zu untersuchende Masse dem Drahte fest ansitzt. Das kohlensaure Natrium bewirkt Schmelzungen hauptsächlich bei kieselreichen Verbindungen, indem es mit denselben leicht flüssiges Natronglas bildet, oder es dient auch, um Schwefel, Arsen, Mangan u. a. m., die beim Glühen in Säuren übergehen, in die Form löslicher Salze überzuführen. Das Cyankalium wirkt als vorzügliches Reduktionsmittel. Beim Borax (borsaurem Natrium) ist es die feuerbeständige Borsäure, welche mit den Metalloxyden zu eigentümlich gefärbten glasartigen Verbindungen zusammenschmilzt, deren Farben so ziemlich mit denen der Glasflüsse übereinstimmen, die wir in der Chemie kennen gelernt haben. Die Wirkung und Anwendung des Phosphorsalzes ist der des Borax ganz ähnlich. Es entsteht nach Weggang von Wasser und Ammoniak metaphosphorsaures Natron ($NaPO_3$), eine glasartige Masse, die durch gewisse Metalloxyde besonders gefärbt wird (Chemie, S. 227).

Fig. 90.

B

A

Besondere Färbungen erhält man mit der Boraxprobe in der Oxydationsflamme (Boraxgläser), so durch Chromoxyd: grün; Manganverbindungen: violett; Antimonoxyd: hellgelb; Zink-, Zinn- und Wismutoxyd geben keine besondere Färbung, auch die Bleiprobe (Boraxprobe mit Bleioxyd) ist bei gewöhnlicher Temperatur farblos, in der Hitze gelb. Kobaltverbindungen zeigen eine blaue, Nickelverbindungen eine gelbe und Kupferoxyd eine grüne Probe. Die letztere

wird in der Reduktionsflamme rot, da das entstehende Kupferoxydul die Probe rot färbt. Eisenoxyd färbt das Glas gelbrot, Eisenoxydul, das in der Reduktionsflamme entsteht, flaschengrün, wie diese Glasfarben auch bei den gewöhnlichen Glasflaschen (braungelb und hell- oder dunkelgrün) vorhanden sind.

Folgende Tabelle giebt einen Überblick über die durch die einzelnen Oxyde hervorgerufene Farbe der Boraxgläser:

Oxyde	Farbe der Boraxgläser	
	in der Oxydationsflamme	in der Reduktionsflamme
Chromoxyd . . .	Smaragdgrün	Gelbbraun; erkaltet farblos
Manganoxyd . .	Violett	Ungefärbt
Antimonoxyd . .	Hellgelblich	Unklar und graulich
Wismutoxyd . .	Farblos	Grau und trübe
Zinkoxyd	Farblos; bei viel Zink porzellanweiß	Verflüchtigt sich
Zinnoxyd	Farblos	Farblos
Bleioxyd	Gelb; erkaltet farblos	Reduziert zu Metallkügelchen
Eisenoxyd	Dunkelrot; beim Erkalten heller bis farblos	Flaschengrün, blaugrün
Kobaltoxyd . . .	Blau	Blau
Nickeloxyd . . .	Rötlich, gelb; erkaltet heller	Graulich
Kupferoxyd . . .	Grün	Farblos; erkaltet zinnoberrot und undurchsichtig
Silberoxyd . . .	Erkaltet milchweiß	Graulich

Bei der Benutzung von Kohle und den angegebenen Schmelzflüssen (Soda, Borax) lassen sich leicht viele Schwermetalle ausscheiden, die man an den charakteristischen Eigenschaften leicht erkennt. Man bringt etwas von der Schmelze in ein Reibschälchen, löst mit reinem Wasser und erkennt leicht die metallischen Flitter (Silber, Kupfer) oder Metallkügelchen, Blei, Wismut, die man auf ihre Geschmeidigkeit prüfen kann. Ist der Körper ein Schwefelmetall gewesen, so findet sich der Schwefel in der Schmelze als Schwefelnatrium; beim Befeuchten mit einer Säure entsteht Schwefelwasserstoff, der leicht am Geruch zu erkennen ist.

Auch Wasser und Säuren kann man bei diesen **Vorproben** zu Hülfe nehmen. Man bringt ein kleines Stück des Minerals in ein Probiergläschen und übergießt mit den betreffenden Flüssigkeiten. Es zeigt sich, ob das Mineral in Wasser löslich ist, was nur selten der Fall ist (Salmiak, Steinsalz, Salpeter); von Säuren werden viele Mineralien angegriffen und man beobachtet namentlich sofort, ob man es mit einem Karbonat zu thun hat, das unter Aufbrausen, Entweichen von Kohlensäure, angegriffen wird; auch andere Gase können dabei beobachtet werden (Schwefelwasserstoff).

Diese Vorproben vermögen die vollständige Analyse nicht zu ersetzen (vergl. analytische Chemie). Zwecks dieser muß das Mineral gelöst werden; man pulvert dasselbe in einem Achatmörser möglichst fein und wendet dann Wasser, Salzsäure, Salpetersäure, Königswasser (Salz-Salpetersäure) an. Die Beschreibung des analytischen Verfahrens gehört der Chemie an, nur mag die Verschiedenheit des Lösens auch hier hervorgehoben werden. Bei dem Auf-

lösen in Wasser wird der Stoff nicht verändert (physikalische Lösung; die meisten Chlorverbindungen, die salpetersauren Salze lösen sich in dieser Weise). Bei der Einwirkung der Säuren findet eine chemische Veränderung statt, die Mineralien werden in lösliche Verbindungen übergeführt (chemische Lösung). Wenn man z. B. Marmor in Salzsäure löst, so entweicht Kohlensäure und es bildet sich Chlorcalcium, das in Wasser löslich ist.

Ganz unlösliche Mineralien müssen auf umständliche Weise in lösliche Verbindungen übergeführt werden, sie müssen aufgeschlossen werden, wie der Zinnstein (SnO_2), Rutil (Titansäure); aber auch dieser Umstand dient wieder zur Erkennung vieler Mineralien, gerade so auch wie die Unschmelzbarkeit vor dem Lötrohre. Beide Eigenschaften gehören nur bestimmten Gruppen von Mineralien an.

Auf Grund der bisherigen Darlegungen können wir nun zur Beschreibung der Mineralien übergehen. Allein wir müssen gestehen, daß mit der Beschreibung allein, auch mit der allerbesten, nirgends zum Erkennen weniger geleistet wird, als bei der Mineralogie. Hier ist eigene Anschauung durchaus notwendig, denn es handelt sich nicht darum, einen im Wege des Denkens gewonnenen Begriff festzuhalten, sondern durch sinnliche Auffassung die Summe der verschiedenen Eigenschaften eines Minerals in ein Bild zu vereinigen, welches uns eine bleibende Vorstellung von demselben gewährt.

Daher möge denn ein jeder, der mit der Mineralogie sich beschäftigt, zu Hülfe nehmen, was seine Gegend an Mineralien bietet. Auch die ärmste gewährt doch einiges, und die Anschauung dessen vermittelt wenigstens die Vorstellung des übrigen. Das Wichtigste ist allmählich durch Tausch oder Kauf hinzuzufügen; so eine kleine Sammlung von Mineralien zu bilden, ist nicht allzu schwierig. Die Mineralkontore in Heidelberg, Dresden-Plauen und Bonn, und Mineralhandlungen in Berlin, sowie die Handlungen chemischer Requisiten geben Gelegenheit zum billigen Ankauf sowohl einzelner Stücke, als auch kleinerer und größerer, vollständiger Sammlungen. Eine Lehranstalt aber, welche diesen Teil der Naturwissenschaften in ihren Unterricht aufnimmt, muß vor allen Dingen durch Hülfe einer Sammlung der wichtigsten Mineralien demselben lebendiges Interesse verleihen. In den Naturwissenschaften ist die beste Beschreibung doch nur ein Hilfsmittel, das erst vollen Wert gewinnt, sobald man mit eigenen Augen gesehen hat.

Gerade aber in der Mineralogie reichen wenige Mittel aus, um das notwendigste Anschauungsmaterial sich zu beschaffen. Auch die erforderlichen Utensilien zur Untersuchung mit dem Lötrohre, sowie dieses selbst sind billig im Handel zu haben. Es giebt Lötrohrbestecke, welche alle Requisiten für die Lötrohruntersuchungen enthalten, und einige Übung setzt uns in den Stand, damit die chemische Zusammensetzung vieler gewöhnlicher Mineralien zu finden. Von Wiedergabe einer Tabelle, die gestattet, mit den Lötrohrproben auf trockenem Wege unter Zuhülfenahme weniger Versuche auf nassem Wege (durch Lösung und Zusatz von Reagentien, Säuren u. s. w.) die Mineralien zu bestimmen, muß Abstand genommen werden.

II. Specielle Mineralogie.

A. Allgemeines über die Systeme.

Principien der Systeme.

Als eigene Mineralart oder Species erkennen wir das, was durch seine chemische Zusammensetzung und seine Eigenschaften als ein Besonderes sich unterscheiden läßt. Die Zahl der auf diese Weise bestimmten Minerale ist nicht sehr groß (ungefähr 1050 bis 1100) und wird noch fortwährend vermehrt; die Anordnung und systematische Einteilung der Minerale bietet indes trotz der geringen Zahl von Spezies nicht geringe Schwierigkeiten dar. Die Pflanzen und Tiere besitzen durch die große Mannigfaltigkeit ihrer Organe meist deutlich hervortretende Merkmale der Unterscheidung, wonach sich Klassen, Ordnungen, Familien und Gattungen bilden lassen, so daß z. B. ein Anfänger in der Botanik, der mit dem System vertraut ist, selbst bei geringer Bekanntschaft mit der Pflanzenwelt doch im stande sein kann, eine neue, ihm gänzlich unbekannte Pflanze mit Sicherheit zu bestimmen.

Anders in der Mineralogie. Die älteste Einteilung der Minerale hat heute noch eine gewisse Berechtigung. Man unterschied dieselben in vier Klassen, nämlich: 1. Salze, oder lösliche Minerale; 2. Steine oder unlösliche, erdige Minerale; 3. Erze oder Minerale der schweren Metalle; 4. Brenze oder brennbare Minerale. Die große Zahl der Varietäten und die verschiedene Aggregation machen die Bestimmung aus den äußeren Merkmalen oft sehr schwierig.

Seitdem man jedoch erkannt hat, daß die Eigenschaften der Minerale bedingt werden durch ihre chemische Zusammensetzung, so hat diese einen bedeutenden Einfluß auf die Einteilung derselben gewonnen. In der That, wir setzen, wie dargethan, als notwendig voraus, daß der Beschäftigung mit der Mineralogie die Bekanntschaft mit der Chemie vorhergegangen ist. Ohne diese bleibt die Mineralogie meist nur eine Spielerei mit bunten Steinen. Der Unterricht ist dann oft nur ein Anschauungsunterricht mit schlecht gewählten Objekten, höchstens eine Kennzeichenlehre. — Das Studium der Chemie machte uns schon mit vielen Mineralien bekannt und erleichtert ungemein die Erkennung derselben. Man kann daher bei Beschreibung der Minerale die chemische Einteilung zu Grunde legen. Ihre Reihenfolge ist, wie nachstehende Übersicht zeigt, dann ungefähr dieselbe, wie in der Chemie die einfachen Stoffe mit ihren Verbindungen sich früher angeordnet fanden.

I. Klasse. Metalloide	II. Klasse. Leichte Metalle	III. Klasse. Silikate	IV. Klasse. Schwere Metalle	V. Klasse. Organische Verbindungen
Gruppe:	Gruppe:	Gruppe:	Gruppe:	Gruppe:
1. Schwefel.	8. Kalium.	17. Zeolithe.	25. Eisen.	41. Organische Salze.
2. Selen.	9. Natrium.	18. Thone.	26. Mangan.	42. Harze.
3. Tellur.	10. Ammonium.	19. Feldspate.	27. Chrom.	
4. Arsen.	11. Calcium.	20. Granate.	28. Kobalt.	
5. Kohlenstoff.	12. Baryum.	21. Glimmer.	29. Nickel.	
6. Silicium.	13. Strontium.	22. Serpentine.	30. Zink.	
7. Bor.	14. Magnesium.	23. Augite.	31. Zinn.	
	15. Aluminium.	24. Edelsteine.	32. Blei.	
	16. (Anhang:) Gruppe der seltenen Erdmetalle: Beryllium 2c.		33. Wismut.	
			34. Antimon.	
			35. Kupfer.	
			36. Quecksilber.	
			37. Silber.	
			38. Gold.	
			39. Platin.	
			40. (Anhang:) Gruppe der selt. Schwermetalle: Uran 2c.	

Diese Einteilung hat indes den Nachteil, daß oft nahe verwandte Mineralien ganz voneinander getrennt werden, wie die Schwefelverbindungen, die Sulfate, Karbonate, auch eignet es sich nicht besonders zum Bestimmen der Mineralien. Man ist daher bemüht gewesen, ein natürliches System der Mineralien aufzustellen, ohne daß ein überall durchgeführtes, allgemein anerkanntes System erzielt worden wäre.

Wenn wir die vorstehende Anordnung für wohl geeignet halten zum Studium der Minerale, so entspricht sie dagegen weniger dem Zweck, ein unbekanntes Mineral hiernach zu bestimmen. Kennt man aber den chemischen Charakter der Elemente und ihrer Verbindungen bereits, so wird man doch bald im stande sein, ein Mineral seiner Klasse und Gruppe zuzuweisen.

So werden von den Mineralen der ersten Klasse die Gruppen 1 bis 5 leicht durch ihre Brennbarkeit und den Geruch der Verbrennungsprodukte erkannt. Das Silicium (Gruppe 6) bildet als Kieselsäure unter dem Namen Quarz eine der verbreitetsten Mineralgruppen, die durch ihre Unlöslichkeit und Härte sich auszeichnet. Das Vorkommen des Bors (Gruppe 7) als Borsäure ist selten und an wenige Örtlichkeiten gebunden (s. S. 94 u. 108).

Zur Klasse der leichten Metalle gehören Minerale, deren specifisches Gewicht nicht über 5 geht; sie sind meist ungefärbt und einige derselben (es sind dies Salze des Kaliums, Natriums und Magnesiums) lösen sich leicht in Wasser; schwer löslich ist der Gips. Von den übrigen lösen sich einige mit Aufbrausen in Salzsäure, nämlich die Karbonate (d. i. kohlensaure Salze)

des Calciums, Baryums, Strontiums und des Magnesiums. Der in Säuren ganz unlösliche Schwerspat ist sowohl durch sein großes specifisches Gewicht als auch die grüne Färbung erkennbar, die er der Lötrohrflamme erteilt, während der Strontianspat sie purpurrot färbt. Dieses System ist jetzt durch andere ersetzt.

Systematik.

Fast alle Systeme der Mineralien, die heute im Gebrauch sind, gehen auch von der chemischen Grundlage aus. Man hat die Einteilung nach morphologischen Principien (Krystallform) oder physikalischen Eigenschaften (Härte, Schwere) als Einteilungsgrund für die Hauptklassen fallen lassen und benutzt sie nur noch zur Abgrenzung bestimmter Untergruppen (Sklerite, Baryte, Härte-, Schweremineralien).

Bei der Einteilung nach chemischen Grundsätzen ist dann die frühere Einteilung der Elemente festgehalten, Mineralien der Nichtmetalle, der Leichtmetalle, der Schwermetalle mit den entsprechenden chemischen Untergruppen. Andere Systeme nehmen die Verbindungsgruppen als Einteilungsprincip, da bei der Einteilung, wie sie eben nach den früheren Auflagen dieses Buches angegeben ist, verwandte Verbindungen, wie die Schwefelverbindungen, die Karbonate, auseinander gerissen werden. Diese Einteilung nach natürlichen Gruppen, nicht nach den Einzelelementen, welche jetzt die allgemein gebräuchliche ist, soll auch hier durchgeführt werden, vorher mögen aber einige der sonst noch gebräuchlichen Einteilungen folgen, wobei die Unterabteilungen nicht mit angeführt werden sollen.

I. Klasse: Elemente.
II. „ Schwefel-, Selen-, Tellur-, Arsen- und Antimonverbindungen (hierzu die Kiese, Glanze, Blenden).
III. „ Sauerstoffverbindungen der Elemente (Oxyde, oxydische Erze).
IV. „ Haloidsalze (Steinsalz).
V. „ Nitrate, Karbonate, Selenite (salpetersaure, kohlensaure, selenigsaure Salze).
VI. „ Sulfate, Chromate, Molybdate, Wolframate, Uranate (schwefelsaure, chromsaure, molybdänsaure u. s. w. Salze).
VII. „ Borate, Aluminate, Arsenite, Antimonite (Borsäure- u. s. w. Salze).
VIII. „ Phosphate, Arseniate, Antimoniate (Phosphorsäure- u. s. w. Salze).
IX. „ Silikate, Titanate.
X. „ Organische Verbindungen.

Oder:

I. Klasse: Elemente, gediegene Metalloide und Metalle.
II. „ Oxydische Erze.
III. „ Geschwefelte Erze, Sulfurete.
IV. „ Chloride und Fluoride.
V. „ Karbonate.

VI. Klasse: Sulfate.
VII. „ Phosphate.
VIII. „ Borate und Nitrate.
IX. „ Silikate.
X. „ Inflammabilien (kohlenstoffreiche Mineralien, welche mit Flamme verbrennen).

Oder Einteilung in 5 Kreise und 9 Klassen:

I. Kreis, 1. Klasse: Elemente.
II. „ 2. „ Oxyde.
3. „ Sulfide und die entsprechenden Verbindungen von Se, Te, As, Sb.
III. „ 4. „ Haloidsalze.
IV. „ 5. „ Sulfate.
6. „ Phosphate, Arseniate, Borate, Wolframate.
7. „ Karbonate, Nitrate.
8. „ Silikate, Titanate.
V. „ 9. „ Organogene Mineralien (aus Organismen entstandene Mineralien).

Im vorliegenden Fall soll folgendes System zu Grunde gelegt und hier in den Hauptklassen mit einzelnen Untergruppen angeführt werden, die nicht alle beschrieben werden können (sie sind in nachstehender Übersicht in [ ] beigefügt).

I. Klasse: Elemente.
A. Nichtmetalle (Metalloide): Schwefel, Selen, Tellur, Arsen, Antimon.
B. Metalle: Eisen, Kupfer, Blei, Zinn, Wismut, Quecksilber; — Silber, Gold, Platin und die selteneren Edelmetalle; — Kohlenstoff: Diamant, Graphit.
II. „ Kiese, Glanze, Fahle, Blenden.
III. „ Sauerstoffverbindungen der Elemente.
(A. Oxyde, — B. Hydroxyde, — C. Oxysulfide.)
IV. „ Haloidsalze.
(A. Einfache, — B. Doppelchloride, -fluoride.)
V. „ Karbonate, Nitrate, [Selenite].
(Kohlensaure, — Salpetersaure, — [Selenigsaure] Salze.)
VI. „ Sulfate, Chromate, Uranate.
(Schwefelsaure, — Chromsaure, — Uransaure Salze.)
VII. „ Borate, Wolframate und Molybdate.
(Borsaure, — Wolframsaure, — Molybdänsaure Salze.) — [Aluminate, Ferrate, Antimonite.]
VIII. „ Phosphate, Arseniate.
(Phosphorsaure, — Arsensaure Salze). — [Antimoniate.]
IX. „ Silikate (Kieselsaure Salze). — [Titanate.]
Anhang: Meteorite, Meteorsteine.
X. „ Organische Verbindungen.
A. Salze organischer Säuren, — B. Erdharze und Erdöle, — C. Kohlen.

Beschreibung de

Von den etwa 1100 Arten der Minerale sollen nur diejenigen zur nähere Beschreibung kommen, welche entweder in wissenschaftlicher oder technischer Be ziehung Wichtigkeit haben oder zu dem Aufbau unserer Erdrinde bedeutend bei tragen; bei der Beschreibung der Gesteine (Petrographie) kann dann kurz darau Bezug genommen werden. Von den vielen Synonymen (verschiedene Bezeichnunge für dasselbe Mineral) und Abarten (Varietäten) können nur die wichtigsten hervor gehoben werden. Die Art und Weise (Methode) der Beschreibung gestaltet sich seh einfach, da es immer wieder dieselben Gruppen von Eigenschaften sind, die zur Dar

1. Name Ableitung, Varietäten	2. Krystallform	3. Aggregation	4. Optische Eigenschaften Farbe, Glanz	5. Kohäsion, Strich, Sprödigkeit ꝛc.	6. Härte und spec. Gew.
Korund, Corundum (Name indischen Ursprungs). Synon: Diamantspat (grau), Rubin (rot), Sapphir, (blau), Smirgel (Schmirgel).	Hexagonal-rhomboedrisch	Spaltbarkeit: ungleich, vollkommen nach R u. oR, auch körnige Aggregation; Bruch: muschelig, uneben, splitterig.	Farblos, weiß, grau, blau, rot. Glasglanz, z. T. perlmutterartig, durchsichtig bis an den Kanten durchscheinend.	Strich: weiß; spröde.	H. = 9,0 G. = 3,9—4
Monacit (von μονάζειν, einzeln sein, wegen des seltenen Vorkommens). Synon.: Mengit, Edwardsit, Eremit, ihm verwandt Phosphocerit, Monacitoid, Kryptolith.	Klinorhombisch; Habitus der Krystalle: kurz prismatisch od. dick tafelartig eingewachsen.	Spaltbarkeit: unvollkommen, Bruch: uneben.	Fleisch-, hyacinthrot, rötlichbraun. Glanz: glasartig, auf Krystallfl., sonst Wachsglanz, durchscheinend an den Kanten.	Strich: rötlichgelb; spröde.	H.=5,0–5,5 G.=4,9–5,25

Man kann aus solchen Tabellen leicht die vollständige

Schematische

Voran gehen der Name mit den Synonymen, die Wortableitung und etwaige historische Bemerkungen. Die Varietäten werden am besten den Eigenschaften, durch welche die Varietät charakterisiert ist, angeschlossen oder sie werden besonders gruppiert mit ihren Eigenschaften.

Da es aber nicht notwendig ist, bei allen zu erwähnenden Mineralien alle Eigenschaften (specifisches Gewicht u. s. w.) zu berühren, wird hier eine zusammenhängende Darstellung gewählt, in der einige Abkürzungen gebraucht

einzelnen Minerale.

stellung kommen. 1. Morphologische Eigenschaften (Krystallform, Aggregation, Struktur). 2. Physikalische Eigenschaften (Kohäsion, Spaltbarkeit, Härte, specifisches Gewicht, Farbe, Glanz u. s. w.). 3. Chemische Eigenschaften (Verhalten in hoher Temperatur, gegen Säuren, vor dem Lötrohr u. s. w.) 4. Vorkommen und Fundort (Beziehung zu bestimmten Naturerscheinungen oder -vorkommnissen). 5. Anwendung, technische Verwertung (Wichtigkeit). 6. Besondere Bemerkungen. Man hat deshalb auch eine schematische Darstellung gegeben, von der ein Muster für ein Mineral hier folgen möge.

7. Sonstige physik. u. physiol. Eigenschaften	8. Chemische Zusammensetzung	9. Verhalten vor d. Lötrohr	10. Sonstige chemische Eigenschaften	11. Vorkommen und Art des Vorkommens	12. Verwendung	13. Sonstige Bemerkungen und Anknüpfungen vergl. auch 7, 10, 11, 12.
	Al_2O_3 53,3 Proz. Al 46,7 „ O	Unschmelzbar; mit Borax zu klarem Glase schmelzend.	In Säuren unlöslich.	Eingewachsen in Granit, Gneis ꝛc., lose im Sande. Ostindien, Ceylon, Naxos, Smyrna, Schwarzenberg in Sachsen. Die schönsten Rubine aus Pegu in Siam.	Schmuckstein; zum Abreiben u. Putzen, Schmirgeln, Polierpulver.	Carborundum, SiC, eine künstlich dargestellte Mischung v. Cu. Si, ausgezeichnet d. große Härte (9 bis 10). Ersatz des Smirgels.
	$\left.\begin{matrix}3CeO\\3LaO\end{matrix}\right\} P_2O_5$ enthält auch Thoroxyd.	Unschmelzbar; mit Schwefelsäure v. d. L. grüne Flamme.	In Salzsäure löslich.	In Granit u. Gneis eingewachsen. Ilmengebirge b. Miask, Connecticut, Norwich, Arendal, Norwegen.	Für d. Glühkörper (Strümpfe) d. neuen Gasbeleuchtung Gasglühlicht (Auerlicht).	

Beschreibung des Minerals ablesen (dient zugleich als gute Übung).

Beschreibung.

sind, so H. = Härte; G. oder sp. G. = specifisches Gewicht; Vk. und V. = Vorkommen; V. v. d. L. = Verhalten vor dem Lötrohr; S. = System. Die gewählte Gruppierung nach den Familien der Sulfide Oxyde Salze ꝛc. gestattet morphologische und analoge chemische Verhältnisse zusammenzufassen.

Abbildungen der Mineralien haben wenig Wert, da sich zeichnerisch nur die Krystallform genau wiedergeben läßt; für die Aggregation giebt die Zeichnung nur unvollkommenen Halt. Der Glanz mit seinen Abarten und die Farben lassen sich

schlecht darstellen, sind außerdem vielfach von keiner großen Wichtigkeit. Härte, specifisches Gewicht, chemische Zusammensetzung u. s. w. sind zeichnerisch überhaupt nicht darstellbar.

Bei den chemischen Formeln sind meist die gewöhnlichen Erfahrungsformeln (empirischen Formeln) benutzt, ohne die früher gebräuchlichen Abkürzungen: $\cdot$ für Sauerstoff, z. B. $\ddot{S} = SO_2$ Schwefeldioxyd, und ′ für Schwefel, z. B. $\overset{\prime}{Pb} = PbS$, Bleiglanz (Schwefelblei). Mit R wird wie gewöhnlich ein Metall von bestimmter Wertigkeit bezeichnet, $\overset{II}{R}$ oder $\overset{II}{R}$; dies Zeichen wird namentlich gebraucht, um allgemeine Formeln aufzustellen. Es läßt sich daher für Minerale, bei welchen Vertretungen der metallischen Elemente stattfinden, eine allgemeine Formel feststellen, wie z. B. für die Familie des Granats, dessen Glieder die auffallendsten Verschiedenheiten in ihrer Zusammensetzung darbieten, was sich zwar in abweichender Färbung und in kleinen Abweichungen der Kantenwinkel zu erkennen giebt, im übrigen jedoch den Hauptcharakter des Granats nicht beeinträchtigt.

Bedeutet $\overset{II}{R}$ ein zweiwertiges Metall und $\overset{VI}{R}_2$ ein sechswertiges, so ist die allgemeine Formel für die Granate $\overset{II}{R}_3(\overset{VI}{R}_2)Si_3O_{12}$, wonach die folgenden Hauptgruppen derselben mit ihren Untergliedern zusammengesetzt sind:

I. Thongranate	II. Eisengranate	III. Chromgranate
$Ca_3\ (Al_2)\ Si_3O_{12}$	$Ca_3\ (Fe_2)\ Si_3O_{12}$	$Ca_3\ (Cr_2)\ Si_3O_{12}$
$Mg_3\ (Al_2)\ Si_3O_{12}$	$Mg_3\ (Fe_2)\ Si_3O_{12}$	$Mg_3\ (Cr_2)\ Si_3O_{12}$
$Fe_3\ (Al_2)\ Si_3O_{12}$	$Fe_3\ (Fe_2)\ Si_3O_{12}$	$Fe_3\ (Cr_2)\ Si_3O_{12}$
$Mn_3\ (Al_2)\ Si_3O_{12}$	$Mn_3\ (Fe_2)\ Si_3O_{12}$	$Mn_3\ (Cr_2)\ Si_3O_{12}$

Bisweilen ist die dualistische Schreibweise, wo sie zweckmäßig war, beibehalten worden, nach der die Salze aus anhydrischem, wasserfreiem, basischem und saurem Bestandteil bestehen, z. B. $CuOSO_3 = CuSO_4$ Kupfervitriol, Kupfersulfat; $Al_2O_3\,3\,SO_3$ Thonerdesulfat, schwefelsaure Thonerde; namentlich bei Silikaten.

Nomenklatur der Mineralien. In keiner Wissenschaft ist bei der Benennung der zu beschreibenden Naturkörper so willkürlich verfahren, wie in der Mineralogie. Ein Teil der Benennungen stammt aus den ältesten Zeiten (Urname), z. B. Gold u. s. w., andere sind nach mythologischen Gestalten, wieder andere nach Mineralogen oder berühmten Persönlichkeiten benannt (Hausmannit, Goethit), noch andere nach Fundorten, Ländern, ja Örtlichkeiten überhaupt (geographische Nativität), wobei die größten Verstümmelungen stattgefunden haben. Vielfach liegen die Eigenschaften, physikalische oder chemische, den Namen zu Grunde oder es sind ganz willkürliche Einfälle maßgebend gewesen.

Für die Bildung der Worte ist hauptsächlich das Griechische benutzt worden, auch die häufig vorkommenden Endsilben it (ites) und lith (λίθος = lithos, Stein) entstammen dieser Sprache. Da die Namenerklärung in der fortlaufenden Beschreibung störend wirkt, ist dieselbe nur in einzelnen Fällen hinzugefügt; es muß auf die besonderen Erklärungen, die als Nomenklatur

zusammengestellt sind und in einem besonderen Bändchen, das die gesamte elementare naturwissenschaftliche Nomenklatur umfassen wird, erscheinen sollen, verwiesen werden.

Der Grund für diese unsystematische Nomenklatur liegt eben im Mangel eines Systems. Dazu kommt noch der Übelstand, daß vielfach dasselbe Mineral eine große Anzahl von Namen erhalten hat, manchmal deshalb, weil sich erst später herausstellte, daß der als neu beschriebene Mineralkörper mit einem bekannten identisch war. Auch erschwert die große Zahl von Abarten (Varietäten), die besondere Namen erhalten haben, die Nomenklatur. So gehören zum Disthen (vom griechischen δίς = dis, zweifach, und σθένος = sthenos, Härte, wegen der verschiedenen Härte in verschiedenen Richtungen), einem Thonerdesilikat ($Al_2SiO_5 = Al_2O_3SiO_2$) als Synonyme die Mineralien Cyanit, Kyanit, Rhäticit, Sappare, Xenolit, Monrolit, und zum Apatit (von ἀπατάειν = apataein, täuschen, wegen früherer Verwechslungen), der aus phosphorsaurem Kalk besteht [$3Ca_3P_2O_8 + Ca(ClF)_2$]: Francolith, Spargelstein, Morosit, Phosphorit, Staffelit, Osteolith, Sombrerit, Agudit, Eupyrchroit, Pseudoapatit; ein Teil der Namen, der sich nicht auf besondere Varietäten bezieht, kommt immer mehr außer Gebrauch, so ist für das wasserfreie Calciumsulfat ($CaSO_4$) jetzt der Name Anhydrit gebräuchlich (sonst Karstenit, Muriacit genannt).

B. Das angewandte System.

1. Klasse: Elemente.

1. Gruppe: Nichtmetalle, Metalloide.

a) Familie des Schwefels. Gediegener Schwefel, S. Krystallsystem: rhombisch. Die Grundform, das Rhombenoktaeder, kommt mit mehrfachen Entecкungen und Entkantungen vor. Häufig findet sich auch krystallinischer oder körniger und erdiger Schwefel, seltener der faserige. Seine Spaltbarkeit ist unvollkommen; der Bruch muschelig bis uneben; H. = 1,5 bis 2,5; spröde, zerbrechlich; G. = 1,9 bis 2,1. Die übrigen, insbesondere die chemischen

Fig. 91.

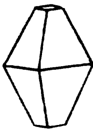


Fig. 92.

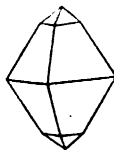
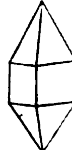


Fig. 93.



Eigenschaften des Schwefels und seine Anwendung sind in der Chemie beschrieben worden. Verbrennt beim Erhitzen an der Luft zu schwefliger Säure (Schwefligsäureanhydrid bezw. Schwefeldioxyd, SO_2).

Der wichtigste Fundort des Schwefels ist Sicilien, wo er in tertiären Bildungen, namentlich von Kalkspat und Cölestin ($SrSO_4$) begleitet, bei Girgenti gewonnen wird. Auch in der Romagna kommt er in den Betrieb lohnender Menge vor. Vorzüglich schön sind die Schwefelkrystalle von Conilla

bei Cadix. Bedeutend sind ferner die Lager von erdigem Schwefel bei Czarkow und Swoszowice in Polen, Radoboj in Kroatien. Außerdem giebt es in Deutschland und anderwärts Orte, wo Schwefel sich findet, besonders als Anflug, in der Nähe von Vulkanen und Schwefelquellen, die jedoch an Reichhaltigkeit und Reinheit ihres Minerals dem sicilischen weit nachstehen.

Die Verwendung des Schwefels hat bedeutend abgenommen. Das Schwarzpulver (75 Proz. Salpeter, 12,5 Proz. Schwefel, 12,5 Proz. Holzkohle) ist zum Teil durch das rauchschwache Pulver verdrängt. Die alten Phosphorzündhölzchen, bei denen zur Übertragung der Verbrennung Schwefel gebraucht wurde, sind durch die sog. schwedischen Zündhölzchen fast ganz ersetzt. Bei der Schwefelsäurefabrikation werden jetzt Kiese (Schwefelverbindungen) angewendet. Im Handel findet er sich als Stangenschwefel, Schwefelblumen (Flores sulfuris), Schwefelfäden. Medizinische Verwendung: Schwefelmilch, Schwefelsalbe.

Selen, Se[1]). Monoklin, findet sich äußerst selten gediegen in der Natur, verbrennt zu Selendioxyd, SeO_2, mit unangenehmem Geruch nach faulen Rettigen. Bleigrau mit Glasglanz, nach dem Schmelzen braun, G. = 4,3, findet sich im Selenschwefel, SeS, Volkanit auf der Insel Volkano (auch Vulcano) (Liparische Inseln) und in Verbindung mit Blei (Clausthal).

Selenblei ist häufig dem Bleiglanz beigemengt.

Das Tellur[1]), Te, ebenfalls eins der selteneren Elemente, kommt gediegen, in Gestalt von weiß metallglänzenden, krystallinischen Blättchen und Tafeln (hexagonal) vor; es verbrennt mit eigentümlichem Geruch zu Tellurdioxyd, TeO_2. H. = 2,5, G. = 6,3. Öfter findet es sich in Verbindung mit Metallen (Wismut: Tetradymit [Bi_2Te_2S]), insbesondere mit Gold (das Gold ist zum Teil durch Silber vertreten): Sylvanit, Schrifterz $(AuAg)Te_2$, monoklin, bei Offenbanya (deutsch: Offenburg), Zalathna (deutsch: Großschlatten), Nagyag in Siebenbürgen; ebenda finden sich auch andere Tellurverbindungen (Blättertellur), auch Schwefel, Blei, Kupfer, Antimon enthaltend (vergl. S. 82).

In Siebenbürgen werden diese Erze viel auf Gold und Silber verarbeitet; gediegenes Tellur findet sich in Colorado (Red cloud mine).

b) Familie des Überganges. Metalloide (Verbindungsglieder zwischen Metallen und Nichtmetallen). — Arsen. Das gediegen Arsen, As, Arsenik, Scherbenkobalt, welches selten und nur in kleinen, nadelförmigen Krystallen (hexagonal-rhomboedrisch), öfter in rundlichen derben und dichten Stücken angetroffen wird, auch von schaligem Aufbau, u. a. im Erzgebirge und im Harz, hat zinnweißen bis grauen Metallglanz, läuft jedoch an der Luft bald schwärzlich an; H. = 3,5, G. = 5,7. Sehr häufig ist demselben Antimon oder Silber beigemengt. Es giebt vor dem Lötrohre auf Kohle einen knoblauchartigen Geruch, indem es sich verflüchtigt; es ruft ebenso einen weißlichen Anflug hervor, wie auch die arsenhaltigen Mineralien, da es zu Arsentrioxyd, As_2O_3, verbrennt; Vorkommen: Freiberg i. S., Allemont, Dauphiné.

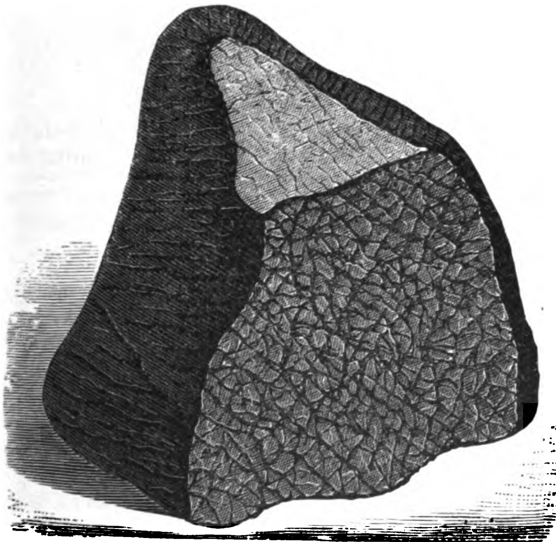
Gediegen Antimon, Sb. Es bildet sehr selten Krystalle (hexagonal); sehr spröde. In hoher Temperatur schmilzt es leicht und verbrennt zu Oxyd. Es findet sich nur selten (Andreasberg am Harz, Przibram in Böhmen).

[1]) Selen von σελήνη (selēne), Mond; Tellur von tellus, Erde.

2. Gruppe: Gediegene Metalle.

a) Familie der unedlen Metalle. Das gediegen Eisen, Fe, findet sich selten als tellurisches, d. h. der Erde angehöriges, in Gestalt würfeliger **Körner**, in Blättchen und mikroskopisch eingesprengt in Basalt. Merkwürdig ist dagegen das meteorische Eisen, das in Gestalt der Meteorite auf die Erde niedergefallen ist. Die Astronomie lehrt, daß im Weltraume Schwärme körperlicher Massen sich bewegen, möglicherweise Bruchtrümmer früherer Planeten. Gelangen solche ins Bereich der Anziehung der Erde, so durchschneiden sie die Atmosphäre mit außerordentlicher Geschwindigkeit und verdichten die auf ihrer Bahn liegenden Schichten der Luft, unter Reibung an derselben, in dem Grade, daß eine beträchtliche Wärmeentwicklung stattfindet, wodurch die meteorische Masse selbst glühend wird und die Gestalt einer Feuerkugel mit leuchtendem Schweif annimmt, die, meist unter Knall zerspringend, in Stücken zur Erde fällt. Soeben niedergefallene Meteorite sind noch heiß und zeigen eine schwarz glänzende, von teilweiser Schmelzung herrührende Rinde (Fig. 94); weitere Abbildungen s. Fig. 95, 96, 97 a. f. S.).

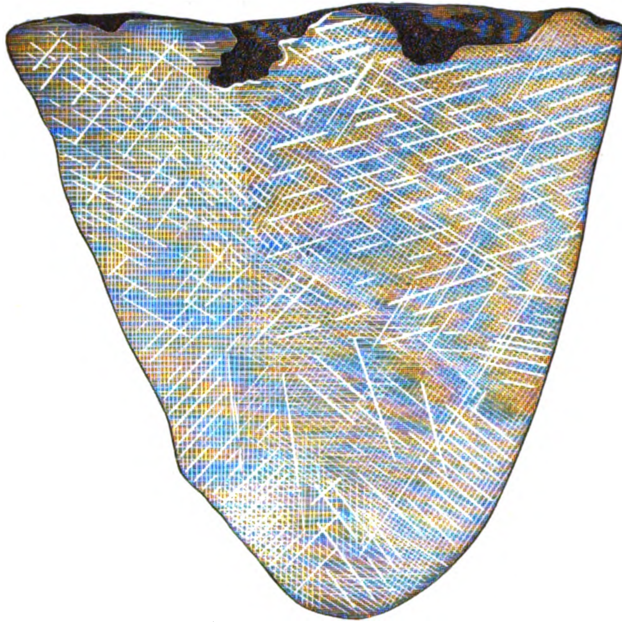
Fig. 94.



Charakteristische glänzende Rinde der thonigen Meteorite, welche Wülste und Runzeln zeigt, die durch Rückwärtsfließen im Augenblicke des Erglühens entstanden. Natürliche Größe.

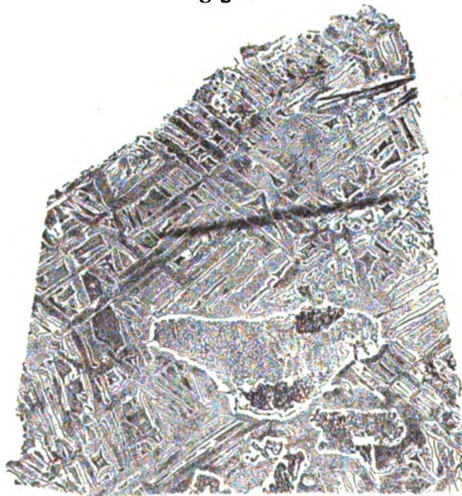
Hinsichtlich der chemischen Bestandteile unterscheidet man zweierlei Meteorite, nämlich Eisenmeteorite, Meteoreisen, die aus gediegenem Eisen bestehen, mit einem nie fehlenden, 3 bis 17 Proz. betragenden Gehalt an Nickel und auf deren geschliffener Fläche beim Anätzen mit Salpetersäure krystallinische Zeichnungen, die sog. Widmanstättenschen Figuren (vergl. Astronomie), zum Vorschein kommen. Meteoreisen ist öfter, und mitunter in

Fig. 95.



Geschmolzenes Eisen mit Zusatz der Elemente in den Holosideriten, zeigt nach Anätzung einer polirten Fläche mit Säuren die Struktur von Meteoreisen. Natürliche Größe.

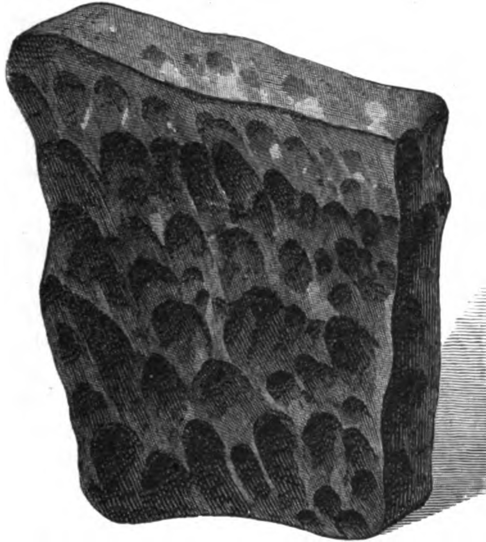
Fig. 96.



Geätztes Meteoreisen von Toluca in Mexiko (mit Widmanstättenschen Figuren). Die krystallinische Struktur des Meteoreisens deutlich erkennbar.

großen Massen, aufgefunden worden, z. B. im Gewicht von 300 Ctr. Bekannte Eisenmassen dieser Art sind das Pallaseisen (Sibirien), der Eisenmeteorit von Braunau (Böhmen), von Hradschina (bei Agram) u. a. m. Man unterscheidet verschiedene Eisennickellegierungen mit dem besonderen Namen Tainit; wichtig

Fig. 97.



Sporadosiderit, gefallen zu Knyahinya in Ungarn am 9. Juni 1868; er ist ganz mit einer schwarzen Rinde überzogen und durch seine eckige Tafelform merkwürdig; auf seiner Oberfläche sieht man eine Menge von Näpfchen von verschiedener Größe. $^{1}/_{8}$ der natürlichen Größe.

ist auch der im Meteoreisen sich findende Schreibersit, der neben Eisen, Nickel und Phosphor enthält, ebenso der Troilit, FeS. Die zweite Art der Meteorite, die Steinmeteorite, vergl. Fig. 94, besteht hauptsächlich aus Silikaten. Die einzelnen Vorkommnisse sind meist nach der Struktur (körnige Chondrite) oder nach dem Fundorte benannt. Die in denselben enthaltenen Mineralien gehören hauptsächlich der Olivin- und Augitgruppe an und gleichen ganz den irdischen Mineralien, so daß man auch hieraus auf Gleichheit der kosmischen Stoffe schließen kann.

Gediegen Kupfer, Cu, kommt krystallisiert in Formen des regulären Systems vor, jedoch meist in eigentümlichen, stengeligen, baum- oder moosartigen Bildungen, mitunter in großen Massen, die zur Metallgewinnung eingeschmolzen werden. Spec. Gew. 8,5 bis 9; kupferrot, öfters mit grünlichen und schwarzen Verwitterungsschichten überzogen. In Oberkanada am Oberen See (Halbinsel Keweenaw) sind Stücke gediegenen Kupfers im Gewichte von mehreren Centnern aufgefunden worden, ja neuerdings eine Platte von 15000 Ctr.

Das Vorkommen von gediegenem Blei, Pb, und Zinn, Sn, ist ganz untergeordnet und beim Zinn nicht einmal sicher verbürgt.

Auf Gängen in granitischen Gesteinen und Schiefern, vorzüglich in Begleitung von Kobalt- und Nickelkiesen findet sich **gediegen Wismut**[1]), Bi, in verzerrten Rhomboedern des hexagonalen Systems; es hat einen rötlich-silberweißen Metallglanz; H. = 2 bis 2,5 und G. = 9,7. Leicht schmelzbar; im sächsischen Erzgebirge, Schneeberg, Annaberg, Altenburg, Cornwall.

Quecksilber, Hg. Obgleich flüssig, findet sich das Quecksilber dennoch gediegen und zwar in Gestalt von größeren oder kleineren Tropfen in den Höhlungen und Spalten von Schieferthon und Kohlensandstein, wie z. B. bei Moschellandsberg in Rheinbayern, in Idria in Krain, Almaden in Spanien, San José in Kalifornien. Spec. Gew. 13,5. — Ihm schließt sich unmittelbar eine Legierung mit Silber an, „**Amalgam**“, silberweiß. Der Name Amalgam ist auf alle Quecksilberlegierungen übertragen, wenn sie auch nicht in der Natur vorkommen (z. B. Zinnamalgam für Spiegel).

b) Familie der Edelmetalle. In ziemlicher Mannigfaltigkeit seiner Minerale erscheint das **Silber** als eins der häufigeren Metalle, sowohl gediegen, als mit anderen Metallen legiert oder mit Arsen und Schwefel verbunden. Vor dem Lötrohre geben die Silbererze für sich oder mit Soda ein Silberkorn.

Das **Gediegen Silber**, Ag, bildet entweder kleine, dem System des Würfels (tesseral) zugehörige Krystalle oder krystallinische Gruppen, oder es stellt sich in allerlei sonderbaren, mitunter baum- oder moosartigen Formen, in Blättchen, unregelmäßigen Stücken und Körnern dar. Seine H. = 2,5 bis 3, G. = 10,3. Es hat die gewöhnlichen Eigenschaften des Silbers, ist jedoch meist gelblich bis braun und rötlichbraun angelaufen. Es findet sich auf Gängen in granitischem Gestein, Schiefern, Porphyren[2]), besonders massenhaft in Kongsberg (Norwegen), wo Stücke von 5 bis 7 Ctrn. vorgekommen sind; ferner im sächsischen Erzgebirge (bei Schneeberg, Grube St. Georg wurde eine 100 Ctr. schwere Masse gefunden), Böhmen, Schemnitz (Ungarn), Sibirien (Schlangenberg im Altai), Peru und Mexiko (Guanajuato), Chile (Chañarcillo). Außer zu Schmucksachen und Gerätschaften (Löffel 2c.) wird es besonders zu Münzen gebraucht.

Das Silber ist in der letzten Zeit sehr im Werte gesunken; während früher der Wert des Silbers zu Gold 1:15 war, ist er jetzt ungefähr 1:27 (1 kg Silber 100 Mk., 1 kg Gold 2790 Mk.), doch sind diese Zahlen veränderlich (vergl. Chemie, Münzfuß). Es bildet mit dem Golde, welchen beiden Kupfer ($^1/_{10}$) zugesetzt wird, die Münzmetalle. Für Scheidemünzen ist das Kupfer mit seinen Legierungen (Nickel $^1/_4$) im Gebrauch (vergl. Au und Cu). — Die Kupfermünzen enthalten etwas Zinn und Zink, sind also bronzeartig (95 Proz. Cu, 4 Proz. Sn, 1 Proz. Zn).

Das **Gold**, Au, finden wir in der Regel gediegen, entweder krystallisiert in verschiedenen regulären Gestalten, meist in kleinen und verzerrten Krystallen, oder öfter in Blättchen und Blechen, draht- oder haarförmig und

[1]) Bismuthum angeblich vom altd. wesemôt, Wiesenmahd, wegen der Eigenschaft bunt anzulaufen.

[2]) Betreffs der Gesteine vergl. man den Abschnitt Petrographie in der Geologie.

alsdann die mannigfaltigsten Formen bildend, worunter namentlich die moosartigen und baumartig verästelten zu bemerken sind; sodann in unregelmäßigen Stücken und Körnern; endlich als Sand und Staub in vielen Felsarten, wie z. B. im Granit, eingesprengt, nach deren Zertrümmerung es im Sande der Flüsse und im Gerölle des aufgeschwemmten Landes angetroffen wird.

Da in diesem Zustande die Dichte des Goldes bis 19,4 geht, so können selbst jene feinen Goldteilchen gewonnen werden, wenn man den goldführenden Sand mit Wasser aufrührt. Aus diesem setzt sich zunächst das specifisch schwerere Metall nieder, und wird also, wie man sagt, ausgewaschen.

Am häufigsten ist dem Golde noch Silber beigesellt, und man trifft natürliche Legierungen beider Metalle, die 0,16 bis 38,7 Proz. Silber enthalten, was natürlich Unterschiede in Farbe und specifischem Gewicht als Folge hat. Außerdem ist noch das Schrifterz (s. a. S. 68) zu bemerken, das neben Gold und Silber eins der selteneren Metalloide, nämlich das Tellur, enthält.

Deutschland ist arm an Gold zu nennen, wie überhaupt Europa, das nur in Ungarn, bei Kremnitz und Schemnitz, reiche Goldminen aufzuweisen hat. Auch sind die silberhaltigen Golderze von Siebenbürgen, Sylvanit, Schrifterz, von Wichtigkeit (Nagyag, Offenbanya, Siebenbürgen). Dagegen sind Ostindien und Südamerika (Brasilien, Peru, Chili, Kalifornien) reich an diesem Metall und ebenso der Ural. Nubien und Senegambien sind die goldführenden Gebiete Afrikas. Auch in Australien sind in neuerer Zeit in Westaustralien reiche Goldlager aufgefunden worden, nachdem schon früher Südaustralien (Bathurst) als Fundstätte für Gold berühmt geworden war. Als Merkwürdigkeit ist anzuführen, daß man mitunter Stücken Goldes von bedeutender Größe begegnet, wie z. B. dem berühmten, 1842 in dem Goldsandlager von Alexandrowsk bei Miask aufgefundenen Goldklumpen von 86 Pfund, der jedoch durch neuere Funde von 160 Pfund in Kalifornien und von 184 bis 210 Pfund in Australien übertroffen ist. Stücke von 13 bis 24 Pfund und geringere sind nicht selten. Unter den Flüssen Deutschlands sind der Rhein, die Edder, die schlesischen Flüsse, die Donau, die Isar und der Inn die bedeutenderen, welche geringe Mengen Gold führen, das auszubeuten nicht lohnt.

Jetzt wird das meiste Gold in Transvaal gewonnen (Witwaters Rand), auch am oberen Yukon in Alaska sind reiche Gebiete erschlossen (Klondyke, Dawson City), deren Ausbeutung durch Klima u. s. w. wesentlich erschwert wird, wie in Südafrika der Mangel an Wasser und Brennmaterial dem Betriebe hinderlich ist. Als Goldstaub und in größeren Stücken findet es sich in den sog. Seifen[1]) (Ural, Nordkarolina), häufig sind auch Goldquarztrümmer und -lager, oft findet es sich in quarzhaltigen Gängen. Außer Silber enthält

[1]) Seifen (Seifengebirge) nennt man Vorkommnisse von Erzen und Edelsteinen in Geschiebe-, Geröll-, Lehm-, Sandablagerungen. Sie sind durch Zertrümmerung anderer Gesteine entstanden und die Erze finden sich daher nicht an ursprünglicher, sondern an einer zweiten (sekundären) Lagerstätte. Durch Auswaschen und Ausseifen gewinnt man die wertvollen Metalle oder ihre Erze und Mineralien, die darin enthalten sind. Nach dem hauptsächlichsten oder wichtigsten Gehalte des zu gewinnenden Materials unterscheidet man Goldseifen, Zinnseifen (zinnsteinhaltig) u. s. w. (Vergl. auch Anhang, Art des Vorkommens der Mineralien.)

es auch seltene Metalle (Palladium, Rhodium); auch Goldamalgam kommt vor. Die Verwendung des Goldes ist allgemein bekannt, vergl. Chemie, S. 298, 299; es dient in Deutschland und fast allen Kulturländern als Grundlage der Wertbemessung, gesetzliche Norm der Bewertung (Währung, Goldwährung).

Auch das Platin, Pt, zeigt sich nur gediegen, und zwar selten von krystallinischer Bildung, als Würfel; meistens in rundlichen Stücken und Körnern von stahlgrauer Farbe. Es sind demselben stets andere Metalle beigemengt und zwar am reichlichsten Eisen, das 5 bis 11 Proz. betragen kann. Die übrigen Begleiter des Platins, das Iridium, Ir, Osmium, Os, Palladium, Pd, und Rhodium, Rd, sind edle, dem Platin höchst ähnliche Metalle von hohem specifischen Gewicht; letzteres beträgt bei Gediegen Platin 17 bis 18. Es wurde zuerst im spanischen Amerika entdeckt, wo es nach dem Worte Plata, das Silber bedeutet, den Namen Platina, d. i. silberähnlich, erhielt. Reichlich fand man es später am Ural, wo es in aufgeschwemmten Lagerungen, meistens in Geschieben von Serpentingesteinen vorkommt. Man hat dort Massen im Gewicht von 5 bis 12 kg angetroffen.

c) **Familie des Kohlenstoffs**, C. Diamant (auch Demant[1]). Reiner krystallisierter Kohlenstoff. Die Formen gehören alle dem regulären System an; am häufigsten kommen Oktaeder $\left(\text{tetraedrisch-hemiedrisch } + \frac{O}{2} - \frac{O}{2}\right)$ und 48-Flächner (mOn) vor, auch ∞O und mO sind häufig (vergl. Krystallographie, S. 15 ff.); abgerundete kugelige Formen finden sich häufig, auch sind die Flächen oft rauh und streifig, selten kugelige Aggregate (Zusammenhäufungen). Er ist das härteste aller Mineralien, H. = 10, er ist spaltbar nach den Flächen von O, spec. Gew. 3,5 bis 3,6, besitzt starken Glanz und hohes Lichtbrechungsvermögen, an der Luft ist er ganz unveränderlich, durchsichtig, farblos, doch kommen auch farbige Diamanten, gelb, braun, grau (seltener andere Farben), vor. Wichtig ist der Karbonado (gepulvert Bort genannt), ein koksähnlicher schwarzer Diamant, ganz undurchsichtig, der bis 2 Proz. Beimengungen enthält und sich in Brasilien findet.

Im Sauerstoff verbrennt er zu Kohlensäure, CO_2 (Chemie, S. 139).

Sein Vorkommen ist vorzugsweise im angeschwemmten Land oder Trümmergestein neuerer Bildungen. Er findet sich nur selten auf der Erde. Früher waren die Hauptfundorte in Indien (Golkonda), die jetzt erschöpft erscheinen; bis vor wenigen Jahrzehnten lieferte Brasilien die meisten Diamanten (Minas Geraes, Tejuco, Bahia); hier wurde er auch in einem Gestein, Itakolumit, einer Art von Glimmerschiefer (vergl. Petrographie) und einem Konglomerate von Quarz (Cascalho), gefunden. Jetzt wird er hauptsächlich in Südafrika, im Griqualand (seit 1867) am Waalfluß, Kimberley, Gruben, gefunden, in einem Gestein, das als Serpentinbreccie (= Bruchstückgestein) bezeichnet werden kann.

Die übrigen Vorkommnisse (Nordkarolina, Georgia, Kalifornien, Ural, Borneo) sind in den Hintergrund getreten, überall findet er sich, auch in

[1]) Von ἀδάμας (adamas), unbezwinglich.

Afrika, in sekundärer Lagerstätte; da er kein sehr hohes specifisches Gewicht hat, ist die Auswaschung eine viel schwierigere Arbeit als beim Gold.

Verwendung. Die praktische Verwertung des Diamanten ist einmal durch seine große Härte bedingt, dann aber durch sein schönes Aussehen, sein Farbenspiel, Reinheit (Wasser), seine Unveränderlichkeit, die ihn im geschliffenen Zustande zum kostbarsten Edelstein machen.

1. Er wird gebraucht zum Glasschneiden, zum Schreiben auf Glas oder anderem harten Material, vor allem aber bei den Tiefbohrungen als Zahneinsatz für die Bohrkrone (vergl. Geologie: Tiefbohrungen), beim Gravieren und als Zapfenlager.

2. Als Edelstein ist er besonders durch verschiedene große Diamanten, die als Hauptschmuck verschiedener Fürsten verwendet werden, bekannt geworden, zumal da öfters für dieselben sehr hohe Preise gezahlt wurden. Der Diamant wird nach besonderem Gewicht, Karat (1 Karat = 205 mg = 0,205 g), verkauft, in der Regel übersteigt das Gewicht nicht 12 Karat (2,4 g). Der Wert ist nach der Beschaffenheit der Diamanten ein sehr verschiedener und steigt mit dem Quadrat der Gewichtsvermehrung, so daß, wenn z. B. 1 Karat geschliffener Diamant 180 Mk. kostet, 5 Karat schon 3600 Mk. kosten würden; doch schwanken die Preise sehr und sind für sich, je nach der Beschaffenheit der Diamanten, sehr verschieden. Zum Schleifen werden die geringeren Sorten von Diamant oder der Karbonado in Pulverform benutzt, Diamantbort (Bord), es geht dabei $^1/_3$ bis $^1/_2$ des Gewichtes verloren.

Die bekanntesten und am schönsten geschliffenen Diamanten sind die folgenden:

Portugiesischer Krondiamant	1680 Karat	
Diamant des Rajah von Mattan (Borneo)	367 „	
„ „ Großmogul (Kohinoor) . .	103,75 „	(früher 186)
Regent oder Pitt	136,25 „	
Orlow	194 „	
Sancy	55 „	
Dariainoor (Schah von Persien)	252 „	

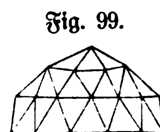
u. s. w.

Der portugiesische, größte Diamant ist noch nicht geschliffen. Der Wert ist oft außerordentlich übertrieben; der Pitt oder Regent z. B. wurde für

Fig. 98.



Fig. 99.



ungefähr 2 Mill. Mark erstanden. Einzelne dieser Steine haben ein beträchtliches Alter, so stammt der gelbe Diamant des Kaisers von Österreich von Karl dem Kühnen (139 Karat). Die Form der Schmucksteine ist der Brillant (Fig. 98) oder die Rosette (Fig. 99).

Künstliche Herstellung. Mit den hohen Temperaturen, welche durch die Elektricität im sog. elektrischen Ofen erhalten werden, ist es gelungen, den Diamanten künstlich zu erhalten. Eisen nimmt bei 2000° sehr viel Kohlenstoff

auf, der nach dem Erkalten sich als Graphit in schönen Krystallen ausscheidet. Läßt man die Krystallisation unter hohem Drucke vor sich gehen, so scheidet sich der Kohlenstoff zum Teil in kleinen schwarzen Kryställchen, die den natürlichen Karbonados entsprechen, aus, auch sonst sind schwarze Diamanten in ähnlicher Weise erhalten.

Graphit (Reißblei, Plumbago) findet sich in tafelartigen, dem hexagonalen System angehörenden Krystallen, meist jedoch in Schuppen und Blättchen. H. = 1 bis 2, G. = 1,8 bis 2,4, sehr spaltbar, stahlgrau bis schwarz, abfärbend, fettig anzufühlen, metallglänzend, Strich grau. Man trifft denselben vorzugsweise eingewachsen in verschiedenen Gesteinen, wie zu Passau in Bayern, Borrowdale in England.

Die geringeren Sorten werden zu Ofenschwärze und Schmelztiegeln, die feineren zu Bleistiften verwendet.

Der nicht krystallisierte Kohlenstoff kommt im reinen Zustande nicht in der Natur vor; er ist der Hauptbestandteil der Kohlen, die aus pflanzlichen Organismen entstanden sind und unter Klasse X besprochen werden: Anthracit, Steinkohle, Braunkohle. Das Vorkommen des Graphits in der archäischen Formation deutet auf die Gegenwart von Organismen in den ältesten Zeiten unserer Erde hin (vergl. Geologie).

2. Klasse: Kiese, Glanze, Fahle, Blenden.

Allgemeine Bemerkung zu den Einzelbeschreibungen.

Im folgenden sind zum Teil die kurzen Beschreibungen des früheren Buches der Natur beibehalten worden, da eine ausführlichere Besprechung aller Mineralien und Berücksichtigung ihrer gesamten Eigenschaften in den Rahmen des Buches der Natur, der nur die wichtigsten Kenntnisse vermitteln und ein Verständnis der betreffenden Wissenschaft und der einzelnen Naturwissenschaften zusammengenommen, herbeiführen soll, nicht eingefügt werden kann. Die Disposition der Einzelbeschreibungen ist gegeben und kann nach besonderen mineralogischen Handbüchern (vergl. Anhang zu Mineralogie und Geologie) ergänzt werden, indem solche Beschreibungen an der Hand von Exemplaren der einzelnen Mineralien vorgenommen werden. Namentlich sind seltenere Erze wenig berücksichtigt und ihr Vorkommen, sowie ihre Verwendung nicht hervorgehoben, weil bei der Gewinnung der Metalle aus den Erzen sich das Wesentliche darüber findet (z. B. Eisenerze, Chemie, S. 365; Zinkerze, ebend., S. 309; Kupfererze, ebend., S. 278 ꝛc.). Die Verbreitung näher anzugeben, hat nur in einzelnen Fällen Interesse, weil die meisten Fundorte geographisch ganz unwichtig sind. In der Mineralgeographie finden sich einige Bemerkungen darüber.

Auch mag hervorgehoben werden, daß oft Mineralien, die dem Systeme nach an anderen Orten erwähnt werden müßten, andere Mineralien angeschlossen sind, mit denen sie in enger Verbindung stehen (Verwitterungsprodukte der Kiese, Glanze u. s. f.).

Die Gruppe Kiese, Glanze, Fahle, Blenden umfaßt die sauerstofffreien Verbindungen von Schwefel, Arsen, Antimon und Wismut mit den Metallen

und untereinander (Selen- und Tellurverbindungen siehe S. 68). Die eben angeführte Einteilung läßt sich für die Systematik nicht ganz aufrecht erhalten. Die Namen sind bergmännischen Ursprunges und dem ganzen Aussehen (Habitus) nach gegeben. Vielfach deutet der Name an, zu welcher Gruppe die Einzelmineralien gehören (Bleiglanz ꝛc.). Ein Teil der hierher gehörigen Mineralien besteht aus Doppelverbindungen (Sulfosalzen).

Diese Erze kommen meist auf Gängen und in Adern, seltener in Knollen vor, zugleich mit anderen Mineralien und Gesteinen (Gangart) als Ausfüllung in dem Hauptgestein der Gebirge. Die Gangart ist gewöhnlich Kalkstein und Kalkspat oder Quarz. Die Bergart, Gneis, Glimmerschiefer ꝛc., kann sehr verschiedenartig sein. Im Anhange werden einige Mitteilungen über den Bergbau und die Gewinnung der Mineralien gegeben. Da die Einteilung Kiese, Glanze, Fahle, Blenden nicht wissenschaftlich begründet ist, die Hauptunterscheidungsmerkmale (Härte, Glanz) auch häufig nicht deutlich hervortreten oder wahrnehmbar sind, ist es richtiger für größere Werke, eine besondere Einteilung nach der Zusammensetzung festzuhalten. Am wenigsten metallisches Aussehen zeigen die Blenden mit glasähnlichem Glanze.

1. Kiese.

Von wenig Wichtigkeit ist der Zinnkies, SnS_2, der sich nur in kleinen Mengen findet, wogegen die Schwefelverbindungen des Kupfers:

Kupferglanz, Cu_2S (Kupferglaserz, Chalkosin[1]),
Kupferkies, $CuFeS_2 (Cu_2S, Fe_2S_3)$ (Chalkopyrit[1]),
Buntkupfererz, $Cu_3FeS_3 (3Cu_2S, Fe_2S_3)$ (Bornit, nach dem Metallurgen Born),

stets von großer Wichtigkeit für die Kupfergewinnung (vergl. Chemie) gewesen sind.

Der Kupferglanz, Cu_2S (Kupferglas, Chalkosin, Redrulith), kryſtallisiert im rhombischen System. Er kommt meist in dicktafeligen Krystallen vor, ebenso derb und eingesprengt. Bei unvollkommener Spaltbarkeit hat er muscheligen Bruch, die Härte 2,5 bis 3 und ein spec. Gew. von 5,5 bis 5,8; dunkel bleigrau mit glänzendem Strich. Er ist ein gewöhnliches Kupfererz auf Gängen bei Freiberg und Siegen, als Imprägnation (Durchdringung) im Mansfelder Kupferschiefer. Künstlich aus Kupfer und Schwefel dargestellt, wird er in regulären Oktaedern erhalten.

Der Kupferkies, $Cu_2S, Fe_2S_3 = CuFeS_2$ (Chalkopyrit), krystallisiert tetragonal und zwar oft hemiedrisch. Wohl ausgebildete Krystalle sind verhältnismäßig selten; derb eingesprengt, angeflogen auch in nierenförmigen Massen (Nierenkies). Von charakteristischer Farbe, messinggelb mit einem Stich ins Grünliche, Rötliche, oft angelaufen. Die Härte ist 3,5 bis 4 und das

[1]) Von χαλκός (chalkós), Erz, Kupfer; πῦρ (pyr), Feuer; Pyrit von πυρίτης (pyrites), Feuerstein.

spec. Gew. 4,1 bis 4,3. Das häufigste und verbreitetste Kupfererz, oft in paläozoischen Schichten (Fahlun, Röraas, Rammelsberg). Sehr häufig auf Gängen mit Bleiglanz und Zinkblende.

Das Buntkupfererz, Cu_3FeS_3 ($= 3\,Cu_2S + Fe_2S_3$), unterscheidet sich vom vorigen durch die Krystallform (regulär), die geringere Härte (3), G. = 5, die mehr kupferrote Farbe bei ebenso starkem Metallglanze. Es findet sich häufig auf Gängen und Lagern mit dem vorigen zusammen (Kupferberg in Schlesien, Siegen, Freiberg).

Gewinnung des Kupfers. Vielfach werden jetzt die Kupfererze aus Chile, Bolivia, nach Europa zur Verhüttung gebracht. Durch Verwitterung dieser Kupfererze entstehen andere Mineralien: das Ziegelerz, eine erdige, braunrote Masse, welche Kupferoxydul und Eisenoxyd enthält; Kupfervitriol (Chalkanthit, blauer Vitriol), $CuSO_4 + 5\,H_2O$, eins der wenigen anorthisch krystallisierenden Mineralien (Chemie, S. 286).

Nickelkiese:

Haarkies, NiS,
Rotnickelkies, $NiAs$,
Weißnickelkies, $NiAs_2$,
Nickelglanz, NiS_2NiAs_2,
Antimonnickel, $NiSb$,
Antimonnickelglanz, $NiS_2 + NiSb_2$.

Die Minerale dieser Gruppe sind seltener, als die der vorhergehenden. Sie geben sich öfter durch einen grünen Anflug zu erkennen. In der Regel enthalten sie eine kleine Beimengung von Kobalt, so daß sie mit Borax ein blaues Glas geben; H. = 3 bis 5, G. bis 7,7. Zu bemerken sind:

Millerit, Haarkies, Nickelkies, NiS, hexagonal-rhomboedrisch, meist in haar- oder nadelförmigen Krystallen auftretend, messinggelb. Es kommt nur in geringen Mengen vor (Johanngeorgenstadt, Joachimsthal).

Rotnickelkies, Kupfernickel, Nickelin, Arsennickel, $NiAs$, selten krystallisiert (hexagonal), bildet meist derbe kugelige oder traubige Massen, die kupferroten Glanz haben; es ist das wichtigste Nickelerz (H. = 5,5, G. = 7,4 bis 7,7). In Gängen im Erzgebirge (Schneeberg, Annaberg, Marienberg, im Kupferschiefer bei Richelsdorf, Allemont, La Rioja in Argentinien, Churchill in Nevada). — Auch Antimonnickel, $NiSb$, (Breithauptit), findet sich in der Natur.

Die übrigen hierher gehörenden Nickelerze sind:

Weißnickelkies, Chloanthit[1]) (Arsennickelkies, Rammelsbergit ist damit verwandt), $NiAs_2$ (regulär), von zinnweißem Metallglanz.

Nickelglanz, Weißnickelerz, NiS_2NiAs_2, (Gersdorffit, Arseniknickelglanz), von bleigrauem Metallglanz.

---

[1]) Von χλοανθής (chloanthés), grün aufkeimend, weil daraus durch Verwitterung leicht die grüne Nickelblüte entsteht.

Antimonnickelglanz, Ullmannit, NiSbS.

Nickelwismutglanz (Saynit, tesseral) und Eisennickelkies, (FeNi)S (Pentlandit).

Die Nickelerze zeigen, wie die Kobalterze, Verwitterungen, Aufblähungen. Nickelblüte (Annabergit) ist Nickelarseniat, $Ni_3As_2O_8 + 8H_2O$, apfelgrün.

Die Nickelerze werden zur Gewinnung von Nickel, das als Münzmetall in den Legierungen des Neusilbers und in der Elektrotechnik wichtige Anwendung findet, gebraucht.

Arsenikkiese:

Mißpickel, Arsenikkies, FeAsS, (Arsenopyrit),
Arsenikalkies, $FeAs_2$, Weißerz.

Ähnliche Verbindungen und Erze finden sich auch vom Eisen, das in den Nickel- und Kobalterzen fast regelmäßig enthalten ist, bei den Arsenikkiesen Mißpickel, $FeS_2 + FeAs_2$, Arsenkies, FeAsS; Arsenikeisen, $FeAs_2$, Arsenikalkies (Löllingit). Beide krystallisieren im rhombischen System und besitzen weißen Metallglanz, die Härte ist 5,5, sie zeigen geringe Spaltbarkeit. Das erstere Erz ist ziemlich häufig (Freiberg, Andreasberg, Skutterud in Norwegen) und ist oft Begleiter des Zinnsteins. Das zweite findet sich mit dem ersten im Serpentin von Reichenstein. Sie werden zur Gewinnung der arsenigen Säure benutzt, die durch Erhitzen der Erze an der Luft entsteht, sowie zur Darstellung der übrigen Arsenpräparate. In der Natur finden sich auch Eisenarseniate, arsensaure Salze: Skorodit (von *σκόροδον* = skorodon, Knoblauch; giebt vor dem Lötrohre Arsengeruch), $Fe_2As_2O_8 + 4H_2O$, rhombisch, und Strengit, $Fe_2P_2O_8 + 4H_2O$, damit isomorph, rötlich, die vielleicht daraus hervorgegangen sind.

Eisenkiese:

Magnetkies, $Fe_{11}S_{12}$,
Pyrit, FeS_2,
Markasit, FeS_2 (von Marcasita, aus dem Arabischen).

Mit dem Schwefel kommt das Eisen in mehreren Verhältnissen verbunden in meistens schön krystallisierten und messingglänzenden Mineralien vor, die man Kiese nennt. Solche sind:

Der Magnetkies, $Fe_{11}S_{12}$, hexagonal, G. = 4,5 bis 4,6, wird wegen seiner tombakbraun angelaufenen Farbe auch Leberkies genannt, meist tafelartig, selten in hexagonalen Säulen krystallisierend; schwach magnetisch; er enthält oft Nickel. Vorkommen: Snarum, Kongsberg; auch in Meteoriten.

Der Pyrit oder Eisenkies, Schwefelkies, FeS_2, kommt in ausgezeichneten Krystallen des regulären Systems vor als Würfel, Pentagondodekaeder und deren Kombinationen. Farbe messinggelb, metallglänzend, häufig bunt angelaufen. H. = 6 bis 6,5, G. = 5, daher am Stahl lebhafte Funken gebend. Auch findet er sich sehr häufig in derben Massen, sowie in ganz feinen Blättchen und Körnchen eingesprengt, z. B. in der Steinkohle, und liefert, indem er sich an der Luft, namentlich bei Gegenwart von Wasser, oxydiert, das schwefelsaure Eisenoxydul, das unter dem Namen

Eisenvitriol ($FeSO_4 + 7H_2O$, grüner Vitriol) dem Mineralreiche angehört. Der Pyrit findet sich imprägniert im Thonschiefer, dem sog. Alaunschiefer, auch in den Steinkohlen.

Der Markasit, FeS_2, ist ebenfalls ein Zweifach-Schwefeleisen, das in kleinen, speerartig oder kammförmig gehäuften Krystallgruppen vorkommt, die dem rhombischen System angehören, und das daher auch Strahlkies oder Speerkies, Binarkies, Wasserkies heißt. Fast ebenso verbreitet wie der vorige.

Beide dienen zur Gewinnung von Eisenvitriol und liefern durch Rösten im besonderen Ofen die für die Schwefelsäurefabrikation erforderliche schweflige Säure; auf Eisen werden sie nicht verarbeitet.

Ohne besondere Wichtigkeit ist die Manganblende, MnS, auch Manganglanz, Alabandin (nach dem Fundorte Alabanda in Carien), auch Schwarzerz genannt.

2. Glanze.

Kobalterze:

Speiskobalt, $CoAs_2$,
Kobaltkies, Co_3S_4,
Glanzkobalt, $CoS_2 . CoAs_2$.

Eine besondere Gruppe bilden die Erze des Kobalts, eines dem Nickel sehr nahe stehenden Metalles.

Diese Minerale bestehen vorzugsweise aus Schwefel- und Arsenverbindungen, sie sind undurchsichtig und gefärbt und geben mit Borax am Lötrohre ein schönes blaues Glas. Nicht selten verrät ein rosenfarbiger Anflug von Kobaltblüte (Erythrin, klinorhombisch, $Co_3As_2O_8 + 8H_2O$) den Kobaltgehalt der Erze. Solche sind:

Der Speiskobalt oder Arsenikkobalt, $CoAs_2$, krystallisiert regulär als Würfel und in körniger, dichter Masse, mit weißem Metallglanz, findet sich eisenhaltig und oft mit sehr beträchtlichem Nickelgehalt, besonders im sächsischen Erzgebirge.

Der Kobaltkies oder Schwefelkobalt, Co_3S_4, der rötlichweißen Metallglanz hat und als reguläres Oktaeder krystallisiert; H. = 5, G. = 6,3. Als vertretende Begleiter führt das Mineral Eisen und Nickel, letzteres mitunter 30 bis 42 Proz. betragend. Um auszudrücken, daß eine Vertretung des Metalles durch andere eintritt, braucht man das Zeichen R: Formel $\overset{II}{R}(\overset{VI}{R_2})S_4$; $\overset{II}{R}$ und $\overset{VI}{R_2}$ = Co und Ni.

Der Glanzkobalt, Kobaltin, $CoS_2 . CoAs_2$, im regulären System als Pentagondodekaeder krystallisierend, mit Metallglanz, weiß ins Rötliche und öfter bunt angelaufen; H. = 5,5, G. = 6 bis 6,3.

Die Kobalterze enthalten fast stets Ni und Fe, sie finden sich auf Gängen in Deutschland, besonders im Erzgebirge (Schneeberg, Annaberg), Richelsdorf (Hessen), Joachimsthal (Böhmen), namentlich Speiskobalt. Die Erze werden besonders zur Herstellung blauer Gläser und der Smalte, sowie zur Gewinnung von Arsenik und Nickel benutzt.

Auch der Tesseralkies, $CoAs_3$ (regulär), (Vorkommen: Skutterud in Norwegen) gehört hierher. Erdkobalt (gelbbraun), ein erdiges Gemenge von Kobalt- und Calciumarseniat, das sich durch Verwitterung gebildet hat.

Ferner sind zwei hierher gehörende Mineralien von Wichtigkeit geworden dadurch, daß in ihnen vor kurzer Zeit ein neues Element, Germanium, aufgefunden wurde:

Der Argyrodit, Ag_6GeS_5 (Freiberg), monoklin, H. = 2,5, G. = 6,08, ihm ist der

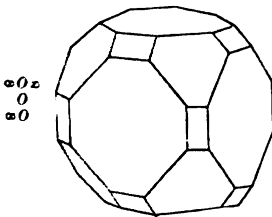
Canfieldit, Ag_3GeS_6 (Bolivia), nahe verwandt (Chemie, S. 326).

Als Repräsentant der Glanze gilt das wichtigste und häufigste aller Bleierze:

der Bleiglanz, PbS, (Galenit von γαλήνη = galēne, die Glänzende; Bleiglanz),

aus dem bei weitem das meiste in den Handel kommende Blei gewonnen wird. Der Bleiglanz krystallisiert im regulären System, vorzugsweise als Würfel mit vielfachen Kombinationen, Fig. 100, erscheint jedoch auch in derben Stücken, die mehr oder weniger feinkörnig bis dicht sind. Immer zeichnen sich diese Minerale (die Glanze) durch ihr beträchtliches, bis 7,6 gehendes specifisches Gewicht und einen bleigrauen, lebhaften Metallglanz aus; H. = 2,5. Beim Erhitzen zerknistert der Bleiglanz und liefert auf Kohle mit Soda vor dem Lötrohre ein Bleikorn, das bei längerem Erhitzen an der Luft (Abtreiben) meist ein kleines Silberkorn zurückläßt.

Fig. 100.



Häufig führt der Bleiglanz Silber, das daraus gewonnen wird; auch Gold, Antimon, Eisen und Arsen sind ihm nicht selten beigesellt, wie er denn meist von anderen Erzen begleitet vorkommt (Zinkblende, Kupferkies). Fundorte: Erzrevier des Oberharzes, Przibram (Böhmen), Bleiberg (Kärnten), Bleiregionen am oberen Mississippi, Erzgebirge (Freiberg, Annaberg). Auch der Bleiglanz hat durch Verwitterung neue Mineralien gegeben (vergl. Sauerstoffverbindungen).

Das Schwefelblei giebt mit anderen Schwefelmetallen eine Reihe von Doppelverbindungen, die zum Teil auch als Mineralien Wichtigkeit haben:

Zinckenit, Bleiantimonglanz, $PbSb_2S_4$ (rhombisch),
Skleroklas, $PbAs_2S_4$ (ebenso), (von σκληρός = sklerós, hart, spröde),
Jamesonit (Federerz), $Pb_2Sb_2S_5$ (rhombisch),
Boulangerit, $Pb_3Sb_2S_6$ (rhombisch).

Auch von den Verbindungen des Bleies mit den selteneren Elementen Selen und Tellur mögen einige Erze genannt werden:

Nagyagit (Blättertellur, Blättererz), $(PbAu)(STe)_2$, rhombisch,
Altait, PbTe,
Selenblei (Clausthalit), PbSe.

Das erstere Mineral findet sich bei Nagyag und Offenbanya im Bergwerksdistrikt Siebenbürgens neben anderen Tellurverbindungen, namentlich dem Sylvanit (Schrifttellur), $(AuAg)Te_2$, und dem Tellursilber (Hessit), Ag_2Te, die zum Teil früher (S. 68) schon erwähnt wurden.

Von besonderer Wichtigkeit sind die Silbererze mit vorherrschendem Silbergehalt, aus denen auch das Silber gewonnen wird. Dieses findet sich aber außerordentlich häufig in anderen geschwefelten Erzen: Bleiglanz, Fahlerz, die deshalb auch als Silbererze zu rechnen sind. Hierher gehören ferner die Gültigerze, auf die weiter unten näher einzugehen sein wird.

Der Silberglanz (Argentit), Ag_2S, oder das Glaserz findet sich in undeutlichen Würfeln mit Kombinationen des regulären Systems, häufiger drahtförmig verzogen und in Platten, von grauer bis schwarzer Farbe und Metallglanz. Auch kommt dieses Schwefelsilber erdig, unter dem Namen von Silberschwärze vor; es ist nächst dem Gediegen Silber das wichtigste Silbererz.

Es findet sich namentlich in krystallinischen Schiefern und Eruptivgesteinen: so in Freiberg, Schneeberg, Schemnitz, Kongsberg, Comstock-lode (Sierra Nevada) und an vielen Orten von Mexiko und Südamerika. Interessant ist, daß der Schwefel durch Selen (Selensilber, Naumannit, Ag_2Se: Tilkerode am Harz) und Tellur (Tellursilber, Ag_2Te, Hessit: Siebenbürgen, Nagyag, Rezbanya, vgl. oben) vertreten wird. Oft enthalten Silbererze etwas Gold, das dem Silber häufig beigemengt ist, so daß vieles Silber des Handels goldhaltig war und ist. Man gewinnt aus dem goldhaltigen Silber eine große Menge des ersteren Metalles.

Antimonsilber (Diskrasit), Ag_2Sb, das 70 bis 80 Proz. Silber enthält, findet sich in den Abänderungen der rhombischen Säule. Es hat silberweißen oder gelben Metallglanz, ist jedoch auch sehr häufig dunkel angelaufen; ein in Andreasberg häufiges Silbererz ist auch der sich in Gängen findende Silberantimonglanz, Miargyrit, $AgSbS_2$ (monoklin).

Giltigerze (Gültigerze oder schlechthin Gültig).

Das Schwarzgültigerz, Melanglanz oder Sprödglaserz (Stephanit), eine Verbindung von Schwefelsilber mit Schwefelantimon, $5(Ag_2S)Sb_2S_3$, führt 68 bis 70 Proz. Silber, tritt in rhombischen Formen und unregelmäßigen Stücken auf, und ist eisenschwarz, metallglänzend. — Wichtiger ist das Rotgültigerz, welches aus Silber und Schwefel mit Antimon oder Arsen besteht. Es krystallisiert in Abänderungen des Rhomboeders, hat Diamantglanz, eine eisenschwarze bis karmoisinrote Farbe und giebt einen schönen karmoisinroten Strich. H. = 2,5 bis 3, G. = 5,5 bis 5,8. Es enthält 58 bis 64 Proz. Silber. Man unterscheidet ein dunkles Rotgültigerz, Pyrargyrit, $3Ag_2S, Sb_2S_3$, und ein lichtes, Proustit, $3Ag_2S, As_2S_3$, beide rhomboedrisch hemimorph. Diese wertvollen Erze finden sich im Erzgebirge, Andreasberg am Harz, Joachimsthal in Böhmen, Kremnitz und Schemnitz in Ungarn u. a. m. Auch ein Weißgültigerz (Art Fahlerz) gehört hierher.

Der Silberkupferglanz (Stromeyerit), $(Cu, Ag)_2 S$, ist eine Verbindung von Schwefelsilber und Kupferglanz, hat bis 52 Proz. Silber, kommt in schwarzgrauen, metallglänzenden, rhombischen Krystallen vor und ist dem Kupferglanz verwandt (vgl. S. 77).

3. Fahle.

Fahlerze. Hierzu wird eine Gruppe von Erzen gerechnet, die im wesentlichen aus Verbindungen von Schwefelarsen und Schwefelantimon mit Schwefelkupfer, und Schwefeleisen und Schwefelzink bestehen, häufig Schwefelsilber, seltener Schwefelblei enthalten. Es zählt hierher vor allem der Tetraedrit oder das eigentliche Fahlerz. Es krystallisiert in den hemiedrischen Gestalten des regulären Systems (Fig. 101, 102 und 103), ist stahlgrau, metallglänzend;

Fig. 101.

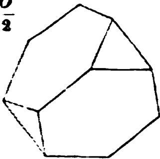


Fig. 102.

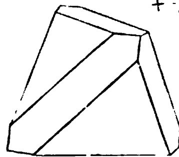
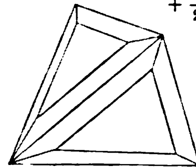


Fig. 103.



H. = 3 bis 4, G. = 4,3 bis 5,3. Es dient zur Kupfer- und auch Silbergewinnung und ist oft im Kupferschiefer enthalten (Clausthal, Freiberg, Cornwall). Es werden verschiedene Abarten unterschieden: lichtes Fahlerz (Arsenfahlerz), dunkles Fahlerz, Schwarzerz und Antimonfahlerz.

Zu den Fahlerzen zählt man auch das Sprödglaserz, $Ag_5 Sb S_4$, rhombisch, ein wichtiges Silbererz (im Erzgebirge).

4. Blenden.

Als Repräsentant der Blenden dient die Zinkblende (Sphalerit), $Zn S$, oder schlechthin Blende genannt. Sie krystallisiert im regulären System (Rhombendodekaeder) oder in hemiedrischen Formen (tetraedrisch). Muscheliger Bruch. H. = 3,5, G. = 4,1. Sie kommt von sehr verschiedenartiger Farbe vor: grün, rot, gelb, braun, schwarz, selten farblos (unter dem Namen Kleiophan); — häufig auch sehr faserig und von schaliger Absonderung. Charakteristisch ist der starke halbmetallische Diamantglanz. Sie enthält öfters Beimengungen, z. B. von Cadmium: Schwefelcadmium, $Cd S$ (Oberschlesien), das nur sehr selten für sich als Greenockit vorkommt; auch von Eisen, als Marmatit, $3 ZnS + FeS$. Als Zersetzungsprodukt findet sich der Zinkvitriol (Goslarit), $Zn SO_4 7 H_2 O$, orthorhombisch. Die Zinkblende ist ein sehr wichtiges Zinkerz (oft auch von Bleiglanz begleitet). Sie findet sich in den Erzbergwerken am Oberharz, im Erzgebirge, Schemnitz, Kremnitz in Ungarn, auf Lagern im Gneis (Åmmeberg in Schweden), auf Lagerstätten, die bei Mitwirkung von Wasser chemische Umwandlungen erlitten, in Oberschlesien, Aachen, Stolberg.

Hierher gehört auch die Manganblende (Alabandin), Manganglanz, MnS, von stahlgrauer Farbe (s. a. S. 80).

Realgar, Rauschrot, rote Arsenblende, Schwefelarsen, AsS, auch Rubinschwefel, Sandarack genannt, As_2S_2. Es zeigt oft schön ausgebildete, kurz säulenförmige Krystallformen des monoklinen Systems und ist durch die schön rote Farbe ausgezeichnet, besitzt fettartigen Glanz, H. = 1,5 bis 2, G. = 3,4 bis 3,6, ist leicht vor dem Lötrohre zu erkennen, schmelzbar, und verbrennt auf Kohle mit weißer Flamme, Arsen- und Schwefligsäure-Geruch zu SO_2 und As_2O_3, auch beim Schmelzen mit Soda. Vorkommen: Andreasberg am Harz, in den ungarischen Bergorten Felsöbanya, Kapnik, Tajowa bei Neusohl; auch bildet es sich bisweilen im Vesuv und bei Steinkohlenbränden (Hänichen bei Dresden).

Die zweite Schwefelverbindung des Arsens, Auripigment, As_2S_3, gelbe Arsenblende, Rauschgelb, Operment, findet sich an denselben Fundstätten und unterscheidet sich durch die Krystallform (rhombisch) und die citronen- bis orangegelbe Farbe, H. = 1,5 bis 2, G. = 3,4. Die entsprechenden künstlich dargestellten Verbindungen werden als Malerfarbe und in der Feuerwerkerei (2 Tle. Realgar, 7 Tle. Schwefelblume, 24 Tle. Salpeter, zu Weißfeuer), sowie in der Färberei angewendet.

Der Wismutglanz (Bismutit), oder Schwefelwismut, Bi_2S_3, ist bleigrau, metallglänzend; krystallisiert in rhombischen Säulen oder nadelförmig krystallinisch und derb eingesprengt; H. = 2,5, G. = 6,5; öfter enthält der Wismutglanz noch Kupfer-, Nickel- oder Kobaltglanz.

Häufiger ist der Antimonit, Antimonglanz, Spießglanz, Grauspießglanz, Sb_2S_3, das wichtigste Antimonerz. Er krystallisiert im rhombischen System; die Krystalle sind meist lang, säulenartig, spießig, nadelig und oft schwach wellig gebogen. Stark glänzend, bleigrau, H. = 2, G. = 4,6 bis 4,7. Giebt Beschlag vor dem Lötrohre; flüchtig. Er kommt meist auf Gängen mit Quarz und verschiedenen Erzen vor, seltener lagerartig; Wolfsberg, Neudorf (Harz), Arnsberg und Brilon in Westfalen, Ichinokawa (Insel Shikoku, Südjapan). Er dient zur Gewinnung des Antimons und Herstellung von Antimonpräparaten. Ihm schließt sich der Bournonit, Spießglanzbleierz, $PbCuSbS_3 = 2PbS, Cu_2S.Sb_2S_3$, an, der noch Schwefelblei und Schwefelkupfer enthält und auch Schwarzspießglanzerz genannt wird, während man mit Rotspießglanz oder Antimonblende (Pyrantimonit) eine Verbindung von Antimonoxyd und Schwefelantimon, $2Sb_2S_3Sb_2O_3$, benennt. Sie zeichnet sich durch die kirschrote Farbe und den Diamantglanz ihrer spießigen Krystalle aus und gehört zu den selteneren Erzen.

Mercurblende (Cinnabarit), gewöhnlich Zinnober genannt, HgS, liefert das meiste im Handel vorkommende Quecksilber; es findet sich in krystallinischen, auch in traubenförmigen und derben Massen, selten krystallisiert (hexagonal). Seine H. ist 2,5, G. = 8. Der Zinnober ist undurchsichtig, hat Diamantglanz und karminrote Farbe, und giebt einen lebhaft scharlachroten Strich. Beim Erhitzen färbt er sich schwarz, erhält jedoch nach dem Erkalten wieder eine rote Farbe, im offenen Glasrohre erhitzt, giebt er Quecksilber und schweflige Säure (SO_2). — Hauptfundorte desselben sind Moschellandsberg in Rheinbayern, Almaden in Spanien, Idria in Krain,

Mexiko, Peru, Kalifornien (Neu-Almaden), China und Japan, auch im Sinter heißer Quellen kommt er vor (Kalifornien, Sulphur-banks). Sandstein und Schiefer, welche viel Zinnober enthalten, heißen auch wohl Ziegelerz; in Idria findet sich der Zinnober auch mit kohligen, harzigen Stoffen (Idrialit) gemengt als Quecksilberlebererz (Korallenerz).

3. Klasse: Sauerstoffverbindungen der Elemente.

Man kann der chemischen Einteilung nach die drei Untergruppen: A. Oxyde, B. Hydroxyde (wasserhaltige Oxyde) und C. Oxysulfide (Schwefel- und Sauerstoffverbindungen) unterscheiden. Bei der Gruppe A. sind bei den Unterabteilungen Sauerstoffverbindungen der Nichtmetalle mit nichtmetallischem Charakter (im chemischen Sinne Säuren) und Sauerstoffverbindungen mit metallischem Charakter (oxydische Erze) zu unterscheiden. Auch bei diesen Gruppen tritt hervor, daß häufig die Mineralien verwandte Stoffe als Beimengungen enthalten, ja oft in bestimmten Verhältnissen, so daß dann besondere Mineralien unterschieden werden müssen. Da die seltenen Verbindungen nicht mit berücksichtigt werden, mögen die hierher gehörigen Verbindungen in natürlichen Gruppen (nach dem Einteilungsprincip der Elemente) zusammengefaßt werden. Einige der Verbindungen sind Verwitterungsprodukte, wie z. B. Arsenit, arsenige Säure, Arsenblüte, As_2O_3, regulär und rhombisch krystallisierend, also dimorph, H. = 1,5, G. = 3,7, findet sich nur als weißer mehliger Überzug; sie ist aus dem Arsenkies entstanden, — ebenso die Antimonblüte, Sb_2O_3 (Valentinit, Weißspießglanz), rhombisch [Sb_2O_3 regulär Senarmontit] und der Antimonocker, $Sb_2O_3 + H_2O$, aus dem Antimonit (Antimonglanz), und Wismutocker (Wismutblüte), Bi_2O_3, Übergänge aus dem Bismutit bildend.

Es sind die meisten Mineralien nicht unveränderlich, sondern durch Luft, Sauerstoff, Wasserdampf, Wasser, Kohlensäure können andere Verbindungen aus ihnen entstehen.

1. Gruppe des Eisens und Chroms.

Das Magneteisen (Magnetit), Fe_3O_4, ausgezeichnet durch seine magnetischen Eigenschaften (natürliche Magnete), kommt vor in regulären Oktaedern (Tirol), sowie körnig eingesprengt in Felsarten, selten faserig, auch in losen Körnern (Magneteisensand), sowie in dichten Massen von großer Ausdehnung, öfters Gebirgsteile bildend, vornehmlich in Skandinavien (Dannemora, Fahlun, Arendal). Farbe eisenschwarz; H. = 5 bis 6, G. = 5. Es ist eines der besten Eisenerze und dient namentlich zur Stahlbereitung.

Das Roteisenerz (Hämatit) ist Eisenoxyd, Fe_2O_3; H. = 5 bis 6, G. = 5,2; es hat einen lebhaften Metallglanz und giebt einen roten Strich, sowie auch ein rotes Pulver. Dasselbe findet sich in verschiedenen Formen, nämlich in tafelartigen, rhomboedrischen Krystallen als Eisenglanz, vorzüglich schön auf Elba; in dünnen Schuppen als Eisenglimmer, sodann als faseriger Roteisenstein, auch roter Glaskopf (von radial faseriger, krummschaliger Struktur) oder Blutstein genannt, als dichter, schuppiger und erdiger Roteisenstein oder Roteisenocker. Hat derselbe eine Beimischung

von Thon, so heißt er roter Thoneisenstein, auch Rötel. Diese Minerale sind wichtige Eisenerze und dienen außerdem gemahlen als Poliermittel und als rote Farbe. — Vorkommen: Harz, Eisenerz in Steiermark, Dillenburg.

Das Brauneisenerz oder Eisenhydroxyd, $Fe_2(O,H)_6$, kommt nicht im deutlich krystallisierten Zustande vor. Doch hat der faserige Brauneisenstein, auch brauner Glaskopf genannt, seine haarförmige Krystalle, die zu glänzenden, traubenförmigen und kugeligen Gebilden vereinigt sind. Man begegnet zwar sehr oft wohlausgebildeten Krystallen, die aus Brauneisenstein bestehen, allein es erweist sich, daß dieselben Afterbildungen nach den Krystallen anderer Eisenerze, besonders des Eisenkieses sind (Pseudomorphosen). Außerdem kommt dichter und erdiger Brauneisenstein vor, der durch Thongehalt in den braunen und gelben Thoneisenstein übergeht, wovon der als Farbe gebrauchte gelbe Ocker und in gleicher Anwendung die Umbra zu bemerken sind. Auch das Bohnerz, wegen seiner Absonderung in kleinen rundlichen Stücken, und das aus Sümpfen sich niederschlagende Sumpferz, Raseneisenerz oder Limonit gehören hierher, welches letztere wegen Phosphorgehaltes zur Eisengewinnung weniger wertvoll ist, als die vorhergehenden.

Man unterscheidet Nadeleisenerz, Goethit, $Fe_2O_3H_2O$, rhombisch, in verschiedenen Abarten, Limonit, $2Fe_2O_3 3H_2O$, ein sehr häufiges Eisenerz, denen sich die obengenannten Gemische Sumpferz, Bohnerz u. s. w. anschließen, ebenso wie die ockerigen Absätze, die sich bei vielen Quellen bilden.

Nickel und Kobalt kommen in ihren freien Oxyden nur in ganz untergeordneter Weise und sehr selten in der Natur vor, so z. B. Bunsenit, NiO, und Kobaltoxyd mit anderen Oxyden (von Mn, Fe, Cu) gemengt, als schwarzer Erdkobalt, derbe oder erdige Masse von schwarzer Farbe.

Dem Magneteisenstein, $FeOFe_2O_3$, schließt sich der Chromeisenstein (Chromit), $FeOCr_2O_3$ an; das Eisenoxydul ist öfters durch MgO (so beim Magnoferrit, $MgOFe_2O_3$, Magnochromit, $MgOCr_2O_3$), das Chromoxyd zum Teil durch Thonerde ersetzt.

Der Chromeisenstein kommt in regulären Oktaedern vor, jedoch meist derb, körnig, eisenschwarz und metallisch glänzend; H. = 5,5, G. = 4,5. Strich braun, besonders in serpentinartigen Gesteinen; enthält bis 60 Proz. Chromoxyd. Findet sich in Schlesien, Steiermark, Norwegen (Röraas), Baltimore, Hoboken in den Vereinigten Staaten.

Er dient zur Darstellung der Chromfarben, sowie aller Chromverbindungen, indem aus ihm zumeist die Chromate von Kalium und Natrium dargestellt werden.

2. Gruppe des Mangans.

Die Verbindungen des Mangans mit Sauerstoff kommen häufig als Beimengungen und färbende Bestandteile vor, häufig auch selbständig. Die wichtigsten sind:

Der Polianit (Lichtes Graumanganerz) krystallisiert in kurzen, längsstreifigen, tetragonalen Säulen, licht stahlgrau glänzend, schwarzen Strich gebend. H. = 6 bis 7, G. = 5. Dieses unter anderen in Nassau-Siegen vorkommende Mineral ist Manganhyperoxyd, MnO_2, und hat dieselbe Zusammensetzung wie das folgende.

Der Pyrolusit, oder Weichmanganerz, krystallisiert tetragonal (Polianit) in Formen, die als rhombisch aufgefaßt wurden, meistens in stengeligen und nadelförmig gehäuften Krystallen. Seine Farbe und sein Strich sind tief schwarz; H. = 2 bis 2,5, G. = 4,9. Es hat eine sehr wertvolle Verwendung bei der Darstellung des Chlors, zum Entfärben des Glases, sowie in der Glas- und Porzellanmalerei gefunden. Der Name Braunstein, der für dieses Mineral ganz unpassend ist, wurde von einem der folgenden auf dasselbe übertragen; man faßt unter dem Namen Braunstein wohl auch die Mineralien zusammen, die Sauerstoffverbindungen des Mangans enthalten (Ilmenau, Ilfeld).

Der Hausmannit ist Manganoxydoxydul, Mn_3O_4, und krystallisiert in kleinen quadratischen Oktaedern; er ist braunschwarz bis schwarz, mit einem braunroten Strich. Der Braunit (Marcellin) ist Manganoxyd, Mn_2O_3, mit derselben Krystallform, hat eine dunkelbräunlich schwarze Farbe und schwarzen Strich. Häufig vermindert eine Beimengung dieser beiden Minerale den Wert des Pyrolusits. Der Psilomelan bildet traubig tropfsteinartige Formen, heißt deshalb auch Schwarzer Glaskopf; seine Härte ist beträchtlich, = 6, seine Farbe eisenschwarz, daher die Namen Hartmanganerz und Schwarzeisenstein; Strich schwarzbräunlich. Er besteht aus Manganüberoxyd mit Gehalt an Baryt, Kali und Wasser und ist dabei sehr verschiedenartig zusammengesetzt. Von geringerer Bedeutung für die Technik sind der Manganit oder das Graumanganerz, aus Manganhydroxyd, $Mn_2O_3H_2O$, bestehend (rhombisch), mit braunem Strich, und das Wad oder der Manganschaum, in fein erdigen, leicht zerreiblichen Massen, als schaumartiger Überzug von schwarzbrauner Farbe in Gesellschaft der übrigen Manganerze vorkommend. Der Körper ist ein wasserhaltiges Gemenge derselben, verunreinigt durch Baryt, Kalk und Kali. — Diese Manganerze werden unter dem Namen Mangan oder auch wohl Braunstein in der Glasindustrie und bei der Chlorgewinnung angewendet, auch Manganeisen wird jetzt dargestellt und das Mangan findet in Legierungen in der Elektrotechnik Verwendung.

3. Gruppe des Kupfers.

Das Rotkupfererz oder Kupferoxydul, auch Cuprit genannt, Cu_2O, kommt krystallisiert in diamantglänzenden regulären Oktaedern von schön roter Farbe (in Chessy bei Lion) vor, die oft ohne Formänderung in grünen Malachit übergehen; es findet sich ferner in derber und erdiger Masse und giebt ein vorzügliches Kupfer, das sich sehr leicht daraus gewinnen läßt. Die Kupferschwärze (Kupferoxyd), CuO, findet sich in geringerer Menge — auch als Sublimationsprodukt im Vesuv (Tenorit). Das Ziegelerz ist ein Gemenge von Cuprit und Brauneisenstein (vgl. S. 85).

Fundorte in Deutschland: Siegen, Rheinbreitbach, Cornwall, Nischne Tagilsk, Damaraland (im Eisenthon), Landu in Bengalen (CuO-haltig).

4. Gruppe des Zinks.

Rotzinkerz (Zinkit), ZnO, krystallisiert hexagonal, hemimorph, und kommt als Mineral gewöhnlich derb in spatigen oder schaligen Aggregaten vor; H. = 4

bis 4,5, G. = 5,6. Es ist ausgezeichnet durch seine blut- bis hyacinthrote Farbe (wohl durch den Mn-Gehalt, bis 12 Proz. MnO, bedingt). Fundort hauptsächlich in New-Jersey (zu Franklin, Sterling, Sparta in New-Jersey), oft zusammen mit dem

Franklinit, regulär, von eisenschwarzer Farbe. Dieser kann als ein Magneteisen (FeO, Fe_2O_3), in dem FeO durch ZnO, zum Teil auch durch MnO ersetzt ist, angesehen werden.

5. Gruppe des Bleies.

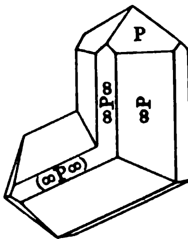
Die Sauerstoffverbindungen des Bleies kommen nur in ganz geringen Mengen und selten in der Natur vor. Es findet sich in Mennige, Bleiocker, Pb_3O_4 (Bleialf in der Eifel, Anglesea, Leadhills), und Plattnerit (Schwerbleierz, hexagonal), PbO_2, wohl Pseudomorphose nach Pyromorphit, vgl. später.

Die Bleiverbindungen haben ein hohes specifisches Gewicht: 4,6.

6. Gruppe des Zinns.

Das Zinn kommt nicht gediegen, sondern vorzugsweise als Zinnerz oder Zinnstein (Kassiterit, Zinnerz), vor, der das Oxyd, SnO_2, ist. Dieses krystallisiert in quadratischen Formen, meist zu Zwillingen verwachsen (Fig. 104). Dieselben sind halbdurchsichtig bis undurchsichtig, von sehr ausgezeichnetem Glanz und vorherrschend dunkelfarbig, braun bis schwarz, dem Kolophonium ähnlich, an den Kanten durchscheinend; H. = 6 bis 7, G. = 7. Giebt, mit Soda auf Kohle vor dem Lötrohre reduziert, ein Zinnkorn. In viel größerer Masse kommt jedoch das ebenfalls aus Zinnoxyd bestehende faserige Zinnerz in unregelmäßigen Stücken von zartfaserigem Ansehen im sog. Seifengebirge (als Seifenzinn, lose Körner) vor. Zinnwerke von Bedeutung sind im Erzgebirge (Zinnwald), in Böhmen (Joachimsthal, Schlackenwald); sehr ergiebige und schon von den Römern ausgebeutete in England (Cornwall) und die reichsten in Indien (Halbinsel Malakka) und auf der Insel Banka. Die losen Stücke von feinfaseriger Struktur heißen auch Holzzinn. Es ist das einzige Mineral, aus dem Zinn gewonnen wird.

Fig. 104.



7. Gruppe des Urans.

Diese Sauerstoffverbindungen, die auch als besondere Gruppe und Klasse angesehen werden können (Uranate), sind salzartige Verbindungen, und haben erst in neuerer Zeit besondere Wichtigkeit erlangt.

Das Uranpecherz (Pechblende, Nasturan, Uraninit), $(UO_2, Pb)U_2O_9$, regulär, von pechschwarzer Farbe; H. = 3 bis 6, G. = 5 bis 9. Selten in größerer Menge, neben Bleiglanz und Silbererzen (im Erzgebirge, Cornwall). Das Uranpecherz verwittert sehr leicht und hat eine Menge Umwandlungsmineralien gegeben (z. B. Gummit, Uranocker). Die Uranerze werden für die

Uranfarben gebraucht, um Glasflüsse zu färben (gelblichgrünes fluoreszierendes Uranglas, Annaglas), ebenso auch in der Porzellanmalerei.

Oft enthält das Uranpecherz besondere Beimengungen, so daß man verschiedene Varietäten unterscheiden muß. Bekannt ist der Cleveït (Arendal, Norwegen) geworden, der neben seltenen Elementen, wie Yttrium, Erbium, Cer, Thor (vergl. Monacit), ein gasförmiges Element enthält, das bisher nur mit dem Spektroskop in der Sonne nachgewiesen war: er enthält Helium (Dichte 2 in Beziehung auf Wasserstoff); man hat das Gas, das früher für Stickstoff gehalten wurde, auch Cleveïtgas genannt. Auch der Bröggerit (thorhaltig), bei Moß (Norwegen) enthält Helium.

8. Gruppe des Magnesiums.

Das Oxyd des Magnesiums, die Magnesia, MgO, von den Mineralogen Talkerde genannt, findet sich in Gestalt kleiner eisenoxydulhaltiger Oktaeder, unter dem Namen Periklas, regulär, H. = 6, G. = 3,7 (Monte Somma). Es giebt mit Al_2O_3 ein bekanntes Mineral, den

Spinell, $MgO\,Al_2O_3$; dieser krystallisiert im regulären System (O); H. = 8, G. 3,5 bis 4. Glasglanz, farblos und in allen Farben, namentlich rot. Er findet sich meist in Geschieben und Seifen (Varietät: edler Spinell, blauer, grüner, schwarzer Spinell); geschätzt als Edelstein. Wenn Magnesiumoxyd durch andere Oxyde vertreten wird, entstehen ähnliche Mineralien: Hercynit, FeO, Al_2O_3, Zinkspinell (Automolit, Gahnit), $ZnO\,Al_2O_3$, regulär.

9. Gruppe des Aluminiums.

Das Oxyd des Aluminiums, Al_2O_3, Thonerde genannt, bildet in Verbindung mit Kieselsäure die Mehrzahl der Minerale und ist der Masse nach ein Hauptbestandteil der Erdrinde, aber auch für sich allein kommt es in der Natur vor.

Saphir (Sapphir) oder edler Korund, reine Thonerde, Al_2O_3, zuweilen mit Spuren von Kieselsäure und Eisenoxyd; Krystalle meist pyramidal oder säulenförmig, dem hexagonalen (rhomboedrischen) System angehörig; er ist spaltbar, hat muscheligen Bruch; H. = 9, G. = 4; ist vollkommen durchsichtig, von starkem Glasglanz und schöner blauer Farbe (Saphir, Salamstein), kommt jedoch auch rot, gelb, grün, weiß vor; ganz besonders schätzt man die mit dem Namen Rubin bezeichnete rote Abart. Fundorte dieser ausgezeichneten Edelsteine sind vorzüglich in Ostindien, Ceylon und China.

Der gemeine Korund oder Diamantspat findet sich in rauhen, kaum durchscheinenden, meist trüb oder unrein gefärbten Krystallen in Massengesteinen eingewachsen; er wird seiner Härte wegen gepulvert und zum Schleifen und Polieren der Edelsteine angewendet. Hierzu dient auch der Smirgel, dichte oder körnige Massen bildend, die u. a. in Sachsen in Glimmerschiefer eingewachsen vorkommen. Er ist wenig glänzend, von blaugrauer Farbe und besteht aus Thonerde, meist verunreinigt durch Magneteisen, sowie durch einen großen Gehalt an Eisenglanz. Der beste wird schon

seit ältester Zeit von der Insel Naxos eingeführt und gepulvert zum Schleifen und Polieren benutzt (Smirgelpapier).

Man pflegt die durch große Härte und starken Glanz ausgezeichneten Mineralien (Sklerite, von σκληρός = sklerós, hart) als Edelsteine und Schmucksteine zu benutzen und zu bezeichnen.

Der Chrysoberyll, BeO, Al_2O_3, aus Beryllerde und Thonerde bestehend, findet sich in kurzen säulenförmigen und tafelförmigen Krystallen des rhombischen Systems; H. = 8,3, G. = 3,7, er ist durchsichtig, glasglänzend, grün. Wird als Edelstein verwendet (Vorkommen: Ural, Ceylon, Marschendorf).

Auch mit Wasser verbunden kommt das Aluminiumoxyd in der Natur vor.

Diaspor, $Al_2O_3H_2O$, rhombisch; H. = 6, G. = 3,4; durchsichtig und durchscheinend, unschmelzbar; findet sich mit Smirgel auf Naxos.

Aluminiumhydroxyd, Al_2O_3, $2H_2O$, mit Kieselsäure und Eisenoxydkörnern sehr verunreinigt, führt den Namen Beauxit (von Beaux bei Arles) und Wocheinit (von der Wochein bei Feistritz in Krain); es wird zur Herstellung von feuerfesten Steinen und zur Darstellung von Aluminium und seiner Legierungen (Aluminiumbronze 6 Proz. Al, 94 Proz. Cu), gebraucht. — Man nennt auch wohl das bei Feistritz vorkommende Gemisch von Kieselsäure, Eisenoxyd und Aluminiumhydroxyd Bauxit.

Hier schließt sich der Hydrargillit (monoklin) an, $Al_2O_3 3H_2O$, der aber bedeutend geringere Härte (2,5 bis 6) bei einem spec. Gew. von 2,5 besitzt (Vorkommen: Slatoust im Ural, Villa rica in Brasilien); zu diesen Mineralien gehört auch der Gibbsit.

10. Gruppe des Quarzes und Opals.

Eigentlich gehören zu dieser Gruppe das Kohlensäureanhydrid, die Kohlensäure, CO_2, die man aber, wie auch die übrigen Gase, die in und auf unserer Erde frei vorkommen, nicht als Mineral zu bezeichnen pflegt, und das Wasser, H_2O, das als Schnee und Eis dauernd einen Bestandteil der festen Erde ausmacht. Es kommt krystallisiert in sechsseitigen Tafeln, hexagonal-rhomboedrisch, in sechs- (selten vier-) strahligen Sternchen (Schnee), grobkörnig (Gletschereis), scheinbar homogen kompakt (auf Flüssen, Seen), Stalaktiten (Eiszapfen und in den Eishöhlen), ebenso als Hagel, Graupeln, Firn von körniger oder schaliger Struktur, H. = 1,5, G. = 0,92, vor. Das Wasser spielt bei allen Vorgängen auf unserer Erde eine so wichtige Rolle, daß ein Überblick über die Eigenschaften in der Chemie, über sein physikalisches Verhalten in der Physik gegeben wird und die Wirkungen desselben auf die feste Erdrinde in der Geologie besprochen werden müssen.

Die beiden folgenden Oxyde, die des Siliciums, SiO_2, Siliciumdioxyd (Quarz) und $SiO_2 + aq$[1] (H_2O), Opal, stehen mit den Mineralien, die als Silikate, kieselsaure Salze bekannt sind, in naher Beziehung; hier folgt die

[1]) Man wählt diesen Ausdruck (von aqua, Wasser) meist, wenn die Zahl der mit dem Körper verbundenen Wassermoleküle eine verschiedene ist.

Einzelbeschreibung dieser Mineralien, während sie auch bei den Silikaten in einer allgemeineren Zusammenfassung berücksichtigt sind.

---

a) Familie des Quarzes, SiO_2.

Krystallsystem: hexagonal, selten in freien holohexagonalen Pyramiden (in Porphyr eingewachsen, Stolberger Diamanten), häufiger in der sechsseitigen Säule mit der Pyramide (Fig. 105), am häufigsten in der Form, deren Pyramidenflächen als die Kombination zweier Gegenrhomboeder erscheinen (Fig. 106), während die ersteren oft parallele Querstreifungen zeigen. Beim Quarz tritt eine eigentümliche Krystallbildung auf, die bei der allgemeinen Betrachtung des hexagonalen Systems erwähnt wurde (s. S. 29): die Tetartoedrie, Viertelgestaltung (Hemieder einer Hemiedrie). Es kann nämlich das Skalenoeder (Hemieder der dihexagonalen Pyramide) seinerseits nur mit den an den abwechselnden Mittelkanten gelegenen Flächen ausgebildet sein, trigonales Trapezoeder, bei dem also nur der vierte Teil der Flächen der dihexagonalen Pyramide ausgebildet ist. Die Form würde von 6 Trapezoiden mit im Zickzack laufenden Seitenkanten sein, also einem Rhomboeder entsprechen, nur daß die Rhomboederflächen durch Trapezoide ersetzt sind. Sie liefern durch Verlängerung der Hauptachsen trigonale Pyramiden und Prismen. Öfter findet sich jedoch der Quarz als krystallinische, als derbe (gemeiner Quarz, veraltet Quartz) oder seltener als körnige Masse. Sein Bruch ist muschelig; H. = 7 (ritzt also leicht Glas), G. = 2,5 bis 2,8. Er ist entweder wasserhell oder weiß; auch kommt er in allen Farben von den verschiedensten Abstufungen vor. Mit Ausnahme der Fluorwasserstoffsäure ist er in keiner Säure auflöslich; vor dem Lötrohr unschmelzbar, aber mit Soda zu durchsichtigem Glase schmelzend; mit dem Stahl giebt er lebhafte Funken. Seine Abarten sind die folgenden:

Fig. 105.

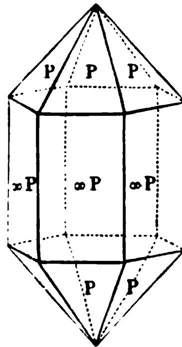
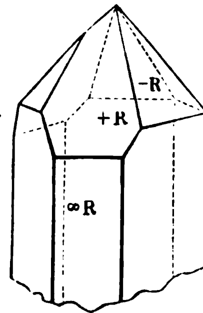


Fig. 106.



Der Bergkrystall, der in schönen, wasserhellen, sechsseitigen Säulen von beträchtlicher Größe in den verschiedensten Gebirgsbildungen gefunden wird. Besonders ausgezeichnet sind die aus den sogenannten Krystallhöhlen der Alpen (St. Gotthard) kommenden Krystalle (Krystalldrusen); von außerordentlicher Größe und Reinheit hat man auf Madagaskar Blöcke von 5 bis 6 m im Umfange angetroffen. Man benutzt den Krystall zu Schmuckstein und als Zusatz von reinen Glasflüssen, ebenso auch bisweilen für optische Zwecke. Öfters ist er schwach gefärbt: gelblich (Citrin), oder bräunlich (Rauchtopas) bis schwarz (Morion), und häufig enthält er verschiedene fremde Minerale als Blättchen und in anderen Formen eingeschlossen. Auch Flüssigkeitseinschlüsse sind häufig.

Der Amethyst ist ein violett gefärbter Quarz, der weniger in vollkommen ausgebildeten, als vielmehr in drusig verwachsenen Krystallen vorkommt. Er findet sich vorzugsweise in Blasenräumen des Porphyrs und Mandelsteins (Brasilien) und früher bei Oberstein im Nahethal; da er nicht selten angetroffen wird, so hat er als Schmuckstein geringeren Wert. Im Altertume hielt man das Tragen eines Amethystes für ein Mittel gegen die Trunkenheit.

Gemeiner Quarz heißt der Quarz, wenn er nicht mehr in reinen Krystallen, sondern nur krystallinisch, derb, körnig oder in Stücken, Geschieben, Körnern in der Form von Sand auftritt. Der körnige Quarz bildet gemengt mit anderen Mineralien verschiedene Gesteine, wie Granit, Grauwacke, Porphyr. In solchen begegnet man nicht selten mächtigen, ganz aus Quarz bestehenden Gängen, so daß derselbe unter dem Namen Quarzfels (Quarzit) zu den Massengesteinen gezählt wird (z. B. der Pfahl, ein meilenweit sich hinziehender Quarzgang im bayrischen Wald). Daher ist der Quarz sehr verbreitet und seine reineren Arten werden zur Glas-, Porzellanfabrikation u. s. w. verwendet. — Meistens ist er weiß gefärbt, durchscheinend; doch erhalten, je nach der Färbung oder wegen sonstiger Eigenschaften, einige Abänderungen desselben besondere Namen; so bezeichnet man den rosenroten als Rosenquarz, den milchweißen, halb durchsichtigen als Milchquarz, den grünen als Prasem (von πράσινος = prásinos, lauchgrün), den blauen als Saphirquarz (Siderit, von σιδηρίτης = siderítes, dem Eisen ähnlich), der Schillerquarz oder das graue Katzenauge wird wegen eines eigentümlichen Schillers so genannt (auch Tigerauge); ferner der Avanturin, welcher gelbe und rötliche Schuppen von Glimmer eingemengt enthält und dadurch ein Schmuckstein ist. Der Eisenkiesel, ein durch Eisen rot oder braun gefärbter, derber oder krystallisierter Quarz, öfter aus einer Anhäufung von kleinen Krystallsäulchen bestehend, besonders schön bei Santiago unter dem Namen Hyacinth von Compostella vorkommend. Auch die Fulgurite oder Blitzröhren seien hier erwähnt, welche durch das Einschlagen des Blitzes in Quarzsand aus aneinander geschmolzenen Körnern bestehen, die zu röhrenförmigen Bildungen vereinigt sind.

Der Chalcedon ist ein undurchsichtiger, in kugel-, trauben- oder nierenförmigen Massen vorkommender Quarz, der die verschiedensten Farben und häufig allerlei Zeichnungen enthält. Der rot oder rotgelb gefärbte heißt Karneol, der grüne (durch NiO gefärbt) Chrysopras oder, wenn er blutrote und gelbe Punkte eingesprengt enthält, Heliotrop. Der schwarz und weiß gestreifte Chalcedon wird Onyx, der rot- und weißstreifige Sardonyx genannt. Aus Uruguay stammen die sogenannten Enhydros, mit Wasser gefüllte Chalcedonmandeln.

Der Achat ist ein Mineral von schöner, mannigfaltiger Färbung und Zeichnung, das aus einem Gemenge mehrerer Quarzarten, insbesondere aus Amethyst, Chalcedon und Jaspis besteht (Brasilien; Oberstein).

Die vorstehend genannten Steine werden geschliffen und poliert und zu Gegenständen des Schmuckes, Perlen, Ringsteinen, sowie anderen Kunstwerken verarbeitet. Auch werden aus dem Achat Reibschalen zum Zerreiben harter

Körper, sowie Poliersteine und Glättsteine verfertigt. Der Onyx gab schon im Altertume das geschätzte Material, aus dem die Kameen geschnitten wurden, indem man seine streifig wechselnde Färbung benutzte. In Oberstein bei Kreuznach, wo diese Steine sich vorfinden, bildet ihre Verarbeitung eine sehr bedeutende Industrie; doch werden die schönsten Steine von auswärts bezogen; beim Schleifen leuchten sie in phosphoreszierendem Licht. Auch versteht man dieselben künstlich zu färben, indem man sie monatelang in Honig kocht und nachher in Schwefelsäure legt.

Der Feuerstein (Flint) findet sich in größeren, kugeligen Massen, namentlich bei Paris und in der Champagne, sowie auf Rügen; gelblichgrau bis braun, von vollkommen muscheligem Bruch und einer weißlichen Verwitterungsrinde, die durch Wasserverlust des beigemengten Opals entsteht. Beim Glühen wird der Feuerstein weiß. Vornehmlich ist es der Feuerstein, der in der vorgeschichtlichen Periode der sogenannten Steinzeit zur Anfertigung von Pfeilen und Lanzenspitzen, sowie zu Schneidwerkzeug aller Art verwendet wurde; seine später erlangte Wichtigkeit, indem er zum Feuerschlagen, insbesondere bei den Feuerwaffen diente, hat er seit Einführung der Zündpillen und Reibzünder verloren.

Der Hornstein ist ein dem Feuersteine etwas ähnlicher, jedoch im Bruch splitteriger, dem Horne auffallend gleichender Quarz. Hierher gehört auch der Holzstein, der ganz die Struktur des Holzes zeigt, indem letzteres durch Eindringung von Kieselsäure versteinert ist.

Der Jaspis ist durch größeren Gehalt von Thonerde und Eisenoxyd undurchsichtig, oft matt und von geringerem Glanze, als die vorhergehenden. Er kommt in allen Farben vor, unter welchen jedoch Gelb, Rot und Braun vorherrschen.

Der Kieselschiefer, auch Lydischer Stein oder Lydit genannt, ist ein durch Kohle schwarz gefärbtes, aus Quarz, Thonerde, Kalk und Eisenoxyd gemengtes Mineral, das als Wetzstein und Probierstein benutzt wird.

Die Kieselsäure ist auch rhombisch krystallisierend gefunden (Vesuv, Euganeen, Drachenfels) und führt dann den Namen Tridymit.

---

b) Familie des Opals.

Der Opal bildet eine besondere Gattung des Quarzes, die 3 bis 13 Proz. Wasser in chemischer Verbindung enthält, nicht krystallisiert, sondern meistens in derben glas- oder porzellanartigen Massen vorkommt und namentlich dadurch sich auszeichnet, daß einige Arten desselben ein eigentümliches Farbenspiel zeigen, woher der Ausdruck opalisieren, d. i. in Farben spielen, entlehnt ist. Am ausgezeichnetsten hat diese Eigenschaft der edle Opal, der in grünen, roten, blauen und gelben Farben spielt und deshalb als wertvoller Schmuckstein sehr geschätzt wird (Ungarn, Mexiko). In geringerem Grade findet das Farbenspiel beim Halbopal oder gemeinen Opal statt, der stets nur eine Farbe zeigt. Der Wachsopal zeichnet sich aus durch eigentümlichen Wachsglanz, der Holzopal durch seine Holzstruktur, denn er ist versteinertes Holz. Merkwürdig ist der Hydrophan, auch Weltauge genannt, der Durchsichtigkeit und Farbenspiel nur dann erhält, wenn man ihn mit Wasser befeuchtet. Der Hyalit oder Glasopal findet sich in Gestalt

wasserheller, eisähnlicher Tropfen, die gehäuft einen nierenförmigen Überzug auf anderem Gestein bilden. Viele Quarzvarietäten enthalten wasserhaltige Kieselsäure (Opal) beigemengt.

Der Kieselsinter (Kieseltuff) und Kieselguhr sind ebenfalls wasserhaltige Kieselsäure, von welchen der erstere sich in mannigfaltigen Gestaltungen aus heißen Quellen, namentlich aus den Geisern auf Island absetzt. Der Kieselguhr ist ein erdiger Absatz aus kieselhaltigen Wassern und zeigt sich bei der näheren Betrachtung durch das Mikroskop fast ganz aus den zierlichen Kieselskeletten kleiner Pflanzen, den sogenannten Stückelalgen oder Diatomeen bestehend. Er findet unter dem Namen Infusorienerde und Polierschiefer (Tripel) zum Schleifen, Polieren, als Zusatz zu Wasserglas, Kitt u. a. m. vielfach technische Verwendung; auch macht er den Hauptbestandteil der sogenannten eßbaren Erde aus.

11. Verbindungen des Titans.

Der Gruppe des Quarzes schließt sich an die Verbindung des Titans, Titandioxyd, TiO_2 (Titansäure). Dieser Körper ist dadurch merkwürdig, daß er in drei verschiedenen, nicht aufeinander zu beziehenden Formen vorkommt (vgl. S. 36):

Rutil, quadratisch, das wichtigste dieser drei Mineralien, H. = 6, G. = 4,3, oft in Gesteinen (Granit, Syenit) eingewachsen (Pfitsch-Zillerthal, Arendal); gleichfalls im quadratischen System krystallisiert der Anatas, nicht isomorph mit Rutil, der mit dem Zinnstein (SnO_2), siehe S. 88, isomorph ist, und Brookit (rhombisch).

Das Titaneisen, Ilmenit, Menakanit (rhomboedrisch) besteht hauptsächlich aus TiO_2FeO und findet sich auch in losen Körnern als Iserin; letzteres enthält Fe_2O_3, isomorph mit Eisenglanz.

Endlich ist noch anzuschließen

12. Der Sassolin,

Borsäure, BO_3H_3, triklin, erscheint in weißen, schuppenförmigen Krystallen, die fettig anzufühlen sind. Das Mineral ist farblos, weiß, gelblichweiß, perlmutterglänzend, schmeckt schwach säuerlich und bitter; H. = 1, G. = 1,5; vor dem Lötrohre leicht schmelzbar unter Aufschäumen, dabei ein klares Glas bildend und die Flamme grün färbend, in Wasser und in Alkohol löslich. — Der Sassolin findet sich als Sublimat mancher Vulkane (z. B. auf der Insel Volcano) und als Absatz heißer Quellen bei Sasso in Toskana, auch in den Suffionen bei Volterra.

4. Klasse: Haloidsalze (Salze der Halogene, Salzerzeuger Cl, Br, J, Fl).

Einleitung.

Von den Verbindungen der Salzbilder (Chlor, Brom, Jod, Fluor) mit den sogenannten Leichtmetallen sind eigentlich nur zwei von hervorragender

Bedeutung, das Steinsalz und der Flußspat (unlöslich). So weit sie löslich in Wasser sind, ist ihre Bildungsweise durch Ausscheidung aus früheren Meeren und Seen leicht verständlich. Oft kommen sie daher miteinander vor und auch mit anderen mehr oder weniger leicht löslichen Salzen (Sulfaten). Auch hat sich ein Teil durch Umsetzung der verschiedenen löslichen Salze gebildet und ist aus der Bildung von Doppelsalzen hervorgegangen. In dem Meerwasser finden wir daher viele jetzt noch gelöst; auch sind sie in den Mineralquellen und Soolquellen verbreitet.

Eine andere Bildungsweise für viele dieser Verbindungen ist die durch Beihülfe vulkanischer Thätigkeit. Sie finden sich als Anflüge, Sublimationen und sonst auch wohl durch Umbildung der Laven entstanden; so kommen die Ammoniumverbindungen im Mineralreiche nicht selten, aber, da sie flüchtiger Natur sind, in unbedeutender Menge, meistens als krystallinischer Anflug oder Überzug vor, so z. B. der Salmiak, NH_4Cl, und das schwefelsaure Ammonium, $(NH_4)_2SO_4$, in den Höhlen und Spalten von Laven der noch thätigen Vulkane, in Braunkohlenwerken, namentlich in der Nähe brennender oder ausgebrannter Lager.

1. Steinsalz.

Das Steinsalz (natürliches Kochsalz, Halit, Chlornatrium), $NaCl$; krystallisiert im regulären System als Würfel, $\infty O \infty$; kommt jedoch meistens in plattenförmiger krystallinischer Masse, auch blätterig und faserig vor; sehr spaltbar nach den Flächen des Würfels, so daß es leicht gelingt, durch schwachen Stoß würfelförmige Bruchstücke abzuspalten. Bruch muschelig; H. = 2, G. = 2,2 bis 2,3; durchsichtig farblos, aber auch weiß, mitunter auch gelb, rot, grau und blau gefärbt durch verschiedene Beimengungen (Eisenoxyd, Thon, organische Substanzen). Das Steinsalz tritt in Lagern von großer Mächtigkeit auf und wird daher zu den Gesteinen gerechnet; es ist von Gips und Anhydrit und öfter von anderen Salzen begleitet, was dafür spricht, daß zu allen Perioden der Erdbildung Salzlager entstanden sind durch allmähliches Austrocknen von Meerwasser. Das Tote Meer ist ein Beispiel eines solchen sich vollziehenden Vorganges, der außerdem am deutlichsten sich erkennen läßt an dem bei Staßfurt erbohrten Salzlager; auch im Kaspischen Meere in der Karabogasbai kann man die Bildung der Steinsalzlager verfolgen. Für Norddeutschland und für die Industrie ist das Staßfurter Lager (Leopoldshall, Naundorf, Westeregeln, Douglashall) bei weitem das wichtigste. Seine Mächtigkeit beträgt 400 m, wovon die unteren 250 m aus reinem Steinsalz bestehen, durchzogen von Streifen von Anhydrit, während in den oberen Schichten löslichere Salze hinzutreten, wie Chlorkalium und schwefelsaures Magnesium, und als oberste Schicht das sogenannte Abraumsalz, aus Chlorkalium und Chlormagnesium bestehend, das die eingetrocknete Mutterlauge vorstellt. Die Sohle der Salzlager bildet der zuerst sich ausscheidende schwer lösliche Gips; sie ist bei Staßfurt noch nicht erreicht. Die Verwendung des Steinsalzes als notwendiger Speisezusatz, Beimengung zum Viehfutter, als Düngemittel und in der Industrie (Grund-

material für die Soda=, Chlor= und Glasbereitung) u. s. w. ist allgemein bekannt. Die Abraumsalze sind gleichfalls außerordentlich wichtig für die Industrie geworden. Sie liefern einen großen Teil der Kalisalze und des Broms. Besonders wichtig sind das

Sylvin (Chlorkalium), KCl, isomorph mit dem Steinsalz, kommt in wohl ausgebildeten Krystallen vor, auch als Anflug an vulkanischen Gesteinen.

Der Carnallit, $KCl, MgCl_2 + 6H_2O$, rhombisch, doch selten krystallisiert, meist grobkörnig oder derb, H. = 1, G. = 1,6, rötlich (enthält auch Schuppen von Eisenglimmer), durchscheinend, leicht löslich; stark wasserziehend hygroskopisch. Noch leichter zerfließt der rhomboedrische Tachyhydrit (Tachydrit), $2MgCl_2, CaCl_2 + 12H_2O$, gelb.

Außer der Carnallitregion unterscheidet man von den hauptsächlichsten Abraumsalzen noch die

Polyhalitregion [Polyhalit: $K_2SO_4 + MgSO_4 + 2CaSO_4 + H_2O$] und die Kieseritregion [Kieserit: $MgSO_4 + H_2O$, monoklin]. Außerdem mögen von den vielen Mineralien der Abraumsalze noch genannt werden:

Kainit, $KCl + MgSO_4 + 3H_2O$, er wird besonders als Kalidünger verwendet und

Boracit, $2(3MgO\,4B_2O_3) + MgCl_2$, dimorph: rhombisch und regulär, derb mit feinfaseriger Struktur; H. = 7,5, G. = 3.

Bedeutende Salzlager sind in neuester Zeit ferner erbohrt worden bei Inowrazlaw (Posen), bei Sperenberg, letzteres 1080 m mächtig. Ältere, berühmte Salzwerke sind die von Hallein, Berchtesgaden und Reichenhall im Salzburgischen, von Bochnia und Wieliczka in Galizien, das gleichsam eine unterirdische Stadt mit Wegen bildet, deren Gesammtlänge an 80 Meilen beträgt. Hier findet sich das sogenannte Knistersalz, das in Wasser unter einem knisternden Geräusch und Ausstoßung vieler Blasen von Kohlenwasserstoffgas sich auflöst; die Gase sind zwischen den Krystallflächen des Salzes eingeschlossen. Ferner Kalusz in Galizien (mit Abraumsalzen). England hat reiche Salzlager zu Northwich in Chestershire, und es kommen auch solche in Nordamerika, Bolivia, Peru, Huallaga und am Indus vor.

Alle bisher erwähnten Salzlager sind von Erde bedeckt, während bei Cordona in Spanien ein schon im Altertum berühmter Salzfels zu Tage tritt und 160 m hoch sich erhebt; derselbe hat ungefähr eine Stunde im Umfange, und seine gletscherartigen Spitzen und Zacken bestehen aus reinstem Salz.

Merkwürdig ist ferner die Auswitterung des Kochsalzes aus dem damit durchdrungenen Boden mancher Landstriche, so daß Strecken von großer Ausdehnung mit einem krystallinisch=körnigen Überzuge bereift erscheinen, wie die sogenannten Salzsteppen Mittelasiens und ähnliche Vorkommnisse im Atlas in Afrika und in Chile. Auch ist der Salzseen zu gedenken, die beim Verdunsten Kochsalz absetzen und deren in der Kirgisensteppe und in der Krim solche mit 13 bis 24 Proz. Salz angetroffen werden (z. B. der Eltonsee, nördlich vom Kaspischen Meer). Viel Salz wird auch aus den Salzquellen (Soolen) gewonnen (vergl. Chemie, Geologie). Auch in den Sublimationsprodukten der Vulkane ist es sehr häufig (Ätna, Vesuv).

2. Flußspat.

Der **Flußspat** (Fluorit), $CaFl_2$, der in den verschiedenen Formen des regulären Systems, besonders häufig als Würfel krystallisiert, hat muscheligen Bruch; H. = 4, G. = 3,1 bis 3,17; ist sehr vollkommen parallel der Oktaederfläche spaltbar, durchsichtig bis durchscheinend, selten ungefärbt, sondern meistens violett, blau, rot, gelb, grün gefärbt. Manche Krystalle erscheinen beim Daraufsehen saphirblau, beim Durchsehen smaragdgrün und es ist hiervon der Name „Fluorescenz“ für ähnliche, anderwärts vorkommende Farbenwandlungen (vgl. S. 49) entnommen worden. Beim Erhitzen nehmen namentlich die farbigen Flußspate ein eigentümliches, grünliches oder blaues Leuchten an, die sogenannte „Phosphorescenz“ (daher der für Fluorit auch gebräuchliche Name **Chlorophan**, von *χλωρός* = chlorós, grünlich, und *φαίνειν* = phaínein, scheinen, leuchten).

Der Flußspat findet sich häufig und dient als Flußmittel bei Metallgewinnungen, sowie zur Darstellung der Flußsäure, die zum Glasätzen ver-

Fig. 107.

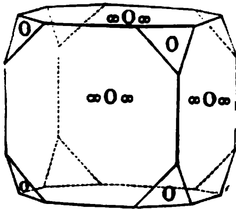


Fig. 108.

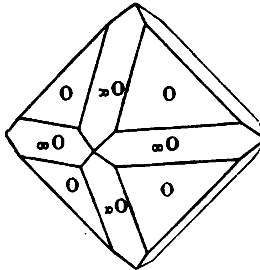
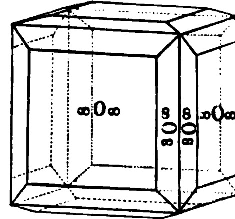


Fig. 109.



wendet wird; schön gefärbte Varietäten werden auch zu Ziergegenständen verwendet, wie der schwarze Flußspat zu Gefäßen (vasa murrhina) u. s. w. **Flußstein** und **Flußerde** (Fluß) heißt dasselbe Mineral, wenn es als dichtes Gestein oder als erdige Masse vorkommt: so im Harz (Stolberg) Cornwall, Derbyshire.

Kryolith (Eisstein), $6\,NaFl, Al_2Fl_6$, findet sich als krystallinische Masse mit blätterigem Gefüge, dem monoklinen System angehörig, H. = 2,5, G. = 2,9, in Südgrönland (Evigtot) auf Lagern und wird zur Darstellung von Soda, Milchglas und metallischem Aluminium (früher) verwendet. Weiß, doch auch bräunlich und schwarz. Ein nahe verwandtes Mineral ist der **Pachnolith**, $Al_2Fl_6 + 2\,NaFl + 2\,CaFl_2 + 2\,H_2O$, der noch Fluorcalcium enthält.

Von den

Haloidsalzen der schweren Metalle

finden sich nur wenige in der Natur allein und selten in größeren Mengen, öfters sind sie stehende Bestandteile oxydischer Salze. Das wichtigste hierher gehörende Mineral ist das

Hornsilber (Silberhornerz, Kerargyrit, Chlorsilber), AgCl, regulär, meist in Rinden und als Überzug, auch dendritisch und stalaktitisch. Es ist meist nur Umwandlungsmineral; Vorkommen: Freiburg, Kongsberg; vielfach in Peru, Chile, Schlangenberg am Altai, Mexiko. Es ist ein sehr geschätztes Silbererz. — Erwähnt mag noch werden das Vorkommen von Chlorbromsilber, AgCl,Br (Embolit), von Quecksilberchlorür, HgCl (Quecksilberhornerz, Kalomel), von Chlorblei, $PbCl_2$ (Cotunnit), von Kupferchlorür, CuCl (Nantokit, regulär).

5. Klasse: Karbonate, Nitrate.

Karbonate.

Die Karbonate, kohlensauren Salze, sind deshalb so wichtig, weil das nächst dem Quarz verbreitetste Mineral, der kohlensaure Kalk[1]), zu dieser Gruppe gehört; das Vorkommen aller übrigen Karbonate ist dagegen ein spärliches. — Diese Mineralien haben sich meist gebildet durch Absetzung aus kohlensäurehaltigem Wasser, in dem die Karbonate mehr oder weniger löslich sind; ein Teil ist dann, nachdem der Körper im Wasser suspendiert war, durch Absetzen (Sedimentieren) und Erhärten zum Gestein geworden.

Der kohlensaure Kalk, $CaCO_3$, bildet zwei Mineralien. Er kristallisiert hexagonal-rhomboedrisch und führt dann den Namen Calcit (Kalkspat) mit zahlreichen Varietäten. Ihm schließt sich eine Reihe isomorpher Mineralien an:

Magnesit, $MgCO_3$ (Talkspat, Bitterspat),
Dolomit, $(CaMg)(CO_3)_2$ (Bitterspat z. T.),
Zinkspat (Galmei), $ZnCO_3$ (Smithsonit),
Eisenspat, $FeCO_3$ (Siderit, Spateisenstein),
Manganspat, $MnCO_3$ (Dialogit, Rhodochrosit, Himbeerspat).

Ferner kristallisiert er rhombisch und führt dann den Namen Aragonit, $CaCO_3$. Ihm schließen sich folgende ebenfalls rhombisch kristallisierende Mineralien an:

Witherit, $BaCO_3$,
Strontianit, $SrCO_3$,
Cerussit, $PbCO_3$ (Weißbleierz).

1. Gruppe des Calcits, $CaCO_3$.

Der Calcit kristallisiert im hexagonalen System (als Kalkspat), vorzugsweise in Abänderungen des Rhomboeders und Skalenoeders, die jedoch so außerordentlich mannigfaltig sind, daß man an 700 verschiedene Formen desselben beobachtet hat, vergl. Fig. 110, 111, 112; auch treten außerordent-

[1]) Als Kalkstein; mit Kalk würde eigentlich nur die Verbindung CaO zu bezeichnen sein, $CaOH_2O$, Kalkhydrat. In der Mineralogie und Geologie bezeichnet man oft den anderen Mineralien beigemengten kohlensauren Kalk mit Kalk; die Verbindungen Calciumoxyd und Calciumhydroxyd kommen für sich in der Natur nicht vor, sondern werden durch Brennen des Karbonats und Löschen des entstandenen Calciumoxyds erhalten, $CaO + H_2O = CaH_2O_2$ (vergl. Chemie, S. 244).

lich häufig die mannigfaltigen Zwillingsbildungen auf. Glücklicherweise sind die übrigen Merkmale des Kalkspats der Art, daß er sich ziemlich leicht erkennen läßt. Er ist vollkommen spaltbar nach R, hat einen muscheligen,

Fig. 110.

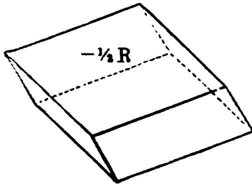


Fig. 111.

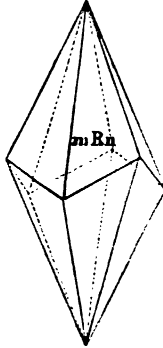
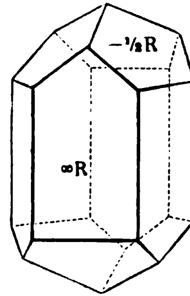


Fig. 112.



splitterigen, unebenen Bruch, Glasglanz; H. = 3, G. = 2,6 bis 2,8; wird beim Reiben elektrisch; löst sich in Säuren unter Aufbrausen der entweichenden Kohlensäure, und wird durch Glühen in ätzenden Kalk (Calciumoxyd, CaO) verwandelt. (Merkmal aller Karbonate: Aufbrausen beim Zusammenbringen mit Säuren.)

Die krystallisierten Vorkommnisse führen den Namen Kalkspat; ist derselbe ganz rein, durchsichtig, so nennt man ihn auch

a) Doppelspat (isländischer Doppelspat), weil er in hohem Grade die Eigenschaft hat, eine doppelte Brechung der Lichtstrahlen zu veranlassen, wie man leicht erkennt, wenn man Druckschrift durch ein rhomboedrisches Spaltungsstück betrachtet (vergl. S. 46). Beim Drehen eines Spaltungsstückes erscheint die Schrift oder der Punkt in einer Richtung einfach, sonst immer doppelt; in jener wird das Licht einfach, nicht doppelt gebrochen. Diese Krystalle (hexagonale und quadratische) sind optisch einachsig (vergl. S. 47). Er bildet meistens tafelförmige, glasglänzende, durchsichtige und ungefärbte Krystalle, die sich häufig und in den verschiedenartigsten Bildungen, namentlich auch in Drusenräumen finden. Berühmt wegen seiner Schönheit ist der auf Island gefundene Doppelspat (wichtig für optische Apparate, Polarisation).

b) Tropfstein in den Tropfsteinhöhlen (Baumanns- und Hermannshöhle am Harz, Adelsberger Grotte, Mammuthöhle, vergl. Geologie).

c) Marmor oder körniger Kalk, der außerordentlich geschätzt wird, wenn er vollkommen weiß, feinkörnig, hart und wenig von gefärbten Adern durchzogen ist. So dient er zur Darstellung der herrlichsten Bildwerke; die berühmtesten Marmorbrüche sind die von Carrara in Italien und auf der Insel Paros in Griechenland. Viel häufiger ist dagegen der gefärbte Marmor, der nicht selten bunt gefleckt (rot, braun, schwarz, weiß), geadert, oder, wie man sagt, „marmoriert“ ist (Rübeland am Harz, Schlesien). Er gilt, in mannigfachster Weise verwendet, als einer der schönsten Baustoffe und wird häufig durch gefärbten und polierten Gips (Stucco) nachgeahmt.

d) Schieferspat. e) Schaumkalk. f) Kalkstein, dichter Kalkstein, an welchem keine krystallinische Bildung wahrnehmbar ist und der meistens in großen Massen als Kalkgebirge auftritt. Er kommt in allen Gebirgsbildungen in den mannigfaltigsten Formen und Farben vor, als Stinkkalk (thonhaltig mit Beimengungen organischer Stoffe, so daß er beim Reiben brenzlichen Geruch verbreitet), Mergelkalk[1]), Rogenstein (oolithischer Kalkstein), Kalktuff, Kalksinter, Travertin, Duckstein, die letzteren durch Absetzung aus Wasser gebildet und noch entstehend, lithographischer Schiefer (Solenhofen in Bayern), auch ist er das gewöhnlichste Versteinerungsmittel, das häufig Gebilde organischen Ursprungs einschließt.

g) Kreide (erdig), das uns wohlbekannte, feinerdige weiße Schreibmaterial, welches in weit verbreiteten Gebirgsmassen vorkommt, namentlich in Frankreich (Champagne); sie besteht aus Schalen einzelliger Lebewesen. Noch lockerer ist die sogenannte Bergmilch oder Mondmilch.

Die Kalksteine enthalten sehr viele Beimengungen und sind in Aussehen, Schichtung und Lagerung außerordentlich verschieden. Sie bilden einen wichtigen Bestandteil fast aller Formationen der Erdrinde. Die verschiedenartigen wichtigen Anwendungen des Calcits in der Baukunst und Bildhauerei als Material, nach dem Brennen und Löschen (wobei er in Calciumhydroxyd, $CaOH_2O$, übergeht, vergl. Chemie S. 232) zu Mörtel als Bindemittel, als Zuschlag bei der Verhüttung der Erze neben vielen untergeordneten Anwendungen sind allgemein bekannt.

Der Magnesit, kohlensaure Magnesia, $MgCO_3$, kommt entweder krystallisiert in stumpfen Rhomboedern, als Magnesitspat (Talkspat) vor, H. = 4, G. = 3, oder als dichter Magnesit. Letzterer wird zur Entwickelung reiner Kohlensäure, zur Darstellung von Bittersalz, sowie Anfertigung von feuerfesten Ziegeln verwendet (Vorkommen: Kraubat in Steiermark, Frankenstein in Schlesien).

In größerer Masse tritt der Bitterkalk auf, aus Calcium, Magnesium und Kohlensäure bestehend. Der krystallisierte heißt Bitterspat, $CaCO_3 + MgCO_3$, auch Braunspat, und kommt als stumpfes Rhomboeder vor, ist vollkommen spaltbar, hat muscheligen Bruch; H. = 3,5 bis 4, G. = 2,8 bis 3; er ist halbdurchsichtig, hat Glasglanz und ist weiß oder häufig gelb bis braun gefärbt durch Gehalt von Eisen oder Mangan. Er findet sich meistens in Spalten und Aushöhlungen des körnigen Bitterkalkes, welcher Dolomit (Vorkommen: Südtirol, Fazzathal; die Dolomiten bei Cortina im Ampezzothal) heißt und ein dem kohlensauren Calcium in seinen verschiedenen Formen sehr ähnliches Gestein ist. Der weiße, krystallinische Dolomit gleicht dem Marmor, der gefärbte dem gewöhnlichen Kalkstein und hat ähnliche Anwendung.

Der Siderit, kohlensaures Eisenoxydul, $FeCO_3$, das im derben rhomboedrisch krystallinischen Zustande Eisenspat (Spateisenstein) genannt

---

[1]) Kupferschiefer ist ein organische Stoffe enthaltender (bituminöser) Mergelschiefer von schwarzer Farbe mit geschwefelten Erzen (Kupferkies 2c.) gemischt, Vorkommen: Mansfeld, Richelsdorf. Mergel sind Gemenge von Kalk und Thon mit mehrfachen Beimengungen (vergl. Petrographie).

wird, tritt in größerer Masse auf. Die Krystalle (Rhomboeder) sind oft sattelförmig gekrümmt. Dieses zur Stahlbereitung vorzüglich geeignete Mineral, dessen Härte = 3,5 bis 4,5 und G. = 3,6 bis 3,9 ist, hat eine blaß-gelbliche oder rötlich-bräunliche bis dunkelbraune Farbe und enthält häufig als vertretende Bestandteile Manganoxydul, Magnesia und Kalk. Das kohlensaure Eisenoxydul kommt auch in strahlig kugeliger Bildung als Sphärosiderit vor. Kohleneisenstein wird eine in Westfalen vorkommende Steinkohle genannt, die 35 bis 78 Proz. Siderit enthält, ein sehr wertvolles Eisenerz, das auch in Schottland unter dem Namen Blackband verhüttet wird. Ein vorzügliches Eisenerz für Spiegeleisen und Stahlbereitung.

Unter dem Namen Galmei (Galmey) begreift man zwei Zinkerze, die sich meist nebeneinander vorfinden und aus Verbindungen des Zinks mit Kohlensäure oder mit Kieselsäure bestehen. Das erste ist der Zinkspat, $ZnCO_3$ (Smithsonit); er krystallisiert im hexagonalen System als Rhomboeder, hat Glasglanz und ist weiß oder blaß gefärbt; auch in stalaktitischen Formen. Er ist ein sehr wichtiges Zinkerz und kommt neben dem anderen Galmei, dem Kieselzinkerz, $H_2Zn_2SiO_5$ (Hemimorphit) rhombisch, vor in Oberschlesien, Tarnowitz, Altenberg bei Aachen, Mendip Hills in England, Santander in Spanien (vergl. Silikate).

Diese Karbonate bilden ebenfalls Zwischenglieder, wie der Dolomit; so kennt man einen Eisenzinkspat, $FeCO_3$, $ZnCO_3$ (Monheimit) und Manganzinkspat, $ZnCO_3 + MnCO_3$, auch der Breunerit (Mesitinspat), $2 MgCO_3 FeCO_3$, alles isomorphe Mischungen der rhomboedrischen Einzelmineralien.

Manganspat (Rhodochrosit, Himbeerspat), $MnCO_3$, der nur selten die rhomboedrischen Krystalle zeigt und gewöhnlich von hellrosaroter Farbe ist (Diez, Nassau), gehört auch hierher.

2. Aragonitgruppe.

Der Aragonit bildet Krystalle, die dem rhombischen System angehören (vergl. Fig. 113, 114) und meistens als Säulen mit rautenförmigem Durchschnitt auftreten, bald einzeln, bald mehrfach zusammengewachsen, wodurch mitunter Gruppen entstehen, die der sechsseitigen Säule gleichen. Derselbe ist spaltbar, im Bruch muschelig bis uneben; H. = 3 bis 4, G. = 2,9 bis 3; durchsichtig, glasglänzend, farblos. Er findet sich nicht selten in den Blasenräumen des Basalts und anderen Gesteins. Vorkommen: Molina (Aragonien), Baumgarten in Schlesien, Kaiserstuhl. Als sechsseitige Säule gruppiert kommt er bei Valencia in Aragonien vor, woher er seinen Namen erhielt.

Fig. 113.

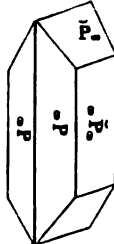
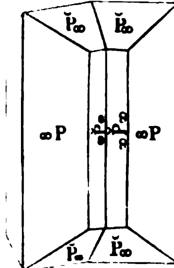


Fig. 114.



Außer dem krystallisierten oder Aragonitspat unterscheidet man noch den strahligen und faserigen Aragonit, aus welchem der Karlsbader Erbsen-

stein besteht, wie auch der Sprudelstein, und den stengelig-verästelten, die sogenannte Eisenblüte (Eisenerz in Steiermark, Hüttenberg in Kärnten).

Die Schalen der Muscheln gehören der Calcit-, die der Schnecken zum Teil der Aragonitform des kohlensauren Kalkes an. Die Aragonitmodifikation entsteht, wenn sich das Calciumkarbonat aus heißer, die Calcitmodifikation, wenn es sich aus kalter Lösung ausscheidet.

Der Witherit oder kohlensaures Baryum, $BaCO_3$, krystallisiert in geraden rhombischen Säulen und findet sich in England (z. B. Alston Moor in Cumberland) und wird fast nur wie der Schwerspat (vergl. unten) zur Herstellung der Baryumverbindungen gebraucht. Auch hier ist eine Mittelverbindung mit dem aragonitischen Calciumcarbonat bekannt, Alstonit, $BaCO_3 + CaCO_3$; ebenso bei dem folgenden Mineral.

Der Strontianit oder kohlensaures Strontium, $SrCO_3$, in demselben System krystallisierend, seltener als das vorhergehende Mineral, findet sich bei dem Dorfe Strontian in Schottland (Argyleshire) und bei Hamm in Westfalen. Er wird jetzt bei der Zuckergewinnung aus der Melasse gebraucht (Strontianverfahren).

Das Weißbleierz, Cerussit oder kohlensaures Blei, $PbCO_3$, ebenfalls in rhombischen Säulen krystallisierend und durch Diamantglanz und doppelte Strahlenbrechung merkwürdig, ist ein sehr geschätztes Bleierz, das sich namentlich am Ausgehenden der Bleiglanzlagerstätten findet, früher viel bei Zellerfeld und Clausthal. — Przibram und Mies in Böhmen. Die erdigen mit Thon und Kalk gemengten Varietäten heißen Bleierde (Vorkommen: Phönixville, Pennsylvanien, Nertschinsk).

3. Gruppe der basischen und wasserhaltigen Karbonate.

Als eine dritte Gruppe von Karbonaten kann man die basischen und wasserhaltigen Karbonate unterscheiden, von denen folgende die wichtigsten sind:

Natron, Soda, kohlensaures Natron ($Na_2CO_3 + 10H_2O$), kommt außerordentlich häufig im Handel krystallisiert vor (monoklin), in der Natur nur in Krusten als Überzug oder als Ausblühung, sowohl an neuen Laven (Vesuv), wie als Efflorescenz in der Araxesebene; setzt sich auch aus den Natronseen Ägyptens und Südamerikas neben anderen Karbonaten ab.

Trona, Urao ($3Na_2O4CO_2 + 5H_2O$), monoklin, verwittert nicht an der Luft, namentlich auch in Fezzan und bei Lagunilla (Neu-Granada) vorkommend, wo sich auch die Verbindung $Na_2CO_3 + H_2O$ (Thermonatrit) findet, die ebenfalls Urao genannt wird. Diese Mineralien finden bei uns keine Verwendung.

Die Soda des Handels wird in der Glas- und Seifenfabrikation, beim Bleichen, Waschen, in der Färberei, zur Darstellung von Natriumsalzen in größter Menge gebraucht (vergl. Chemie).

4. Gruppe der Kupferkarbonate.

Eine besondere Stellung nehmen die Karbonate des Kupfers ein. Zu den schönsten Mineralen gehören die zwei nächstfolgenden:

Der Malachit oder basisches Kupferkarbonat[1]), $CuCO_3 . Cu(HO)_2$, der in klinorhombischen Säulen krystallisiert, die meistens zu faserigen, strahligen Gruppen vereinigt sind, hat eine schöne smaragdgrüne Farbe und Seidenglanz. Er kommt auch in derben und erdigen Massen vor und wird zu Schmuck- und Kunstwerken, als Malerfarbe und, wo er in größerer Menge sich findet, zur Ausbringung von Kupfer benutzt. Berühmt sind die am Ural, besonders in den Demidoff'schen Gruben vorgefundenen Malachitmassen, die geschnitten zur Bekleidung von Vasen, Tischplatten, Säulen u. a. m. dienen.

Ein anderes basisches kohlensaures Salz bildet den Kupferlasur, $2 CuCO_3 . Cu(HO)_2$; es findet sich in kurzen, säulen- oder vielmehr tafelartigen, monoklinen Krystallen und in unregelmäßiger, derber und erdiger Masse. Dieses durch seine schöne blaue Farbe ausgezeichnete Mineral wird als solche angewendet, auch wird es verhüttet (Chessy bei Lyon, Moldowa im Banat, Burra Burra bei Adelaide, Nischne-Tagilsk in Sibirien). Ferner findet sich der Kupferlasur als Imprägnation in einigen Sandsteinen (St. Avold).

Nitrate.

Die salpetersauren Salze spielen als Mineralien eine ganz untergeordnete Rolle. Sie entstehen und entstanden an Orten, wo stickstoffhaltige organische Stoffe bei Gegenwart von alkalihaltigen Gesteinen oder Erdmassen verwesen. Es enthalten daher viele Erden salpetersaure Salze.

Der Salpeter, indischer Salpeter (Nitrit, Kehrsalpeter), KNO_3, der in rhombischen Säulen krystallisiert, in der Regel jedoch nur als nadelförmiger Überzug an vielen Orten vorkommt, wittert in größerer Menge in Ostindien am Ganges aus dem Boden und wird durch Auslaugen der Erde gewonnen. Auch in Ungarn stellen große Salpetersiedereien in Nagy-Kálló und Debreczin aus der dort vorkommenden Salpetererde (Gebiet 130 Q.-Ml.) den Salpeter dar. Er findet sich auch in Kalksteinhöhlen (Salpeterhöhlen): Leonhardshöhle bei Homburg, und Ceylon (Höhlensalpeter). Anwendung zum Schwarzpulver, zur Konservierung des Fleisches, zur Darstellung der Salpetersäure.

Das salpetersaure Natrium oder Natron, $NaNO_3$ (Natronsalpeter, Nitratin), krystallisiert im hexagonalen System als stumpfes Rhomboeder und kommt in krystallinischer Masse von bedeutender Mächtigkeit vor, die sich namentlich in Chile in den Distrikten von Atakama und Tarapaca (Iquique) über 30 Meilen erstrecken in Lagern von wechselnder Dicke, von $^1/_2$ bis 1 m, die aus nahezu reinem, trockenem, harten Salz bestehen und fast unmittelbar unter der Oberfläche des Erdreichs liegen; auch macht er an anderen Orten den Hauptgemengteil sandiger Ablagerungen aus. Er bildet mehr oder weniger gereinigt unter dem Namen Chilisalpeter einen wichtigen Handelsartikel und wird zur Darstellung des Salpeters, der Salpetersäure und als Dungmittel verwendet (kubischer oder Würfelsalpeter).

---

[1]) Was die chemische Nomenklatur anbetrifft, ist ein einheitliches Prinzip nicht durchgeführt.

6. Klasse: Sulfate, Chromate.

1. Sulfate der Alkalimetalle.

Die Sulfate der Alkalimetalle sind ganz untergeordnete Mineralien. Es findet sich das schwefelsaure Kalium (Kali), K_2SO_4 (Glaserit), welches dem rhombischen Krystallsystem angehört, zuweilen in vulkanischen Laven. Der Mirabilit (Glaubersalz), $Na_2SO_4 + 10H_2O$, monoklin, in der Natur nur in krustenartigen Übergängen und als Auswitterung; H. = 2, G. = 1,5. Er verwittert unter Abgabe von Wasser. Häufiger ist das Salz in Mineralquellen, so in Teplitz, Marienbad, Karlsbad.

Thenardit ist Na_2SO_4, Glauberit $Na_2SO_4 + CaSO_4$.

Häufiger ist das Bittersalz (Epsomit), schwefelsaure Magnesia, $MgSO_4 + 7H_2O$, rhombisch, wegen seiner Löslichkeit nur als dünner Überzug oder haarförmiger krystallinischer Anflug in Spalten verschiedener Gesteine anzutreffen; auch giebt es in Sibirien Steppen, wo ganze Strecken davon überzogen sind. Ferner ist das Bittersalz in den sog. Bitterwässern (bei Saidschütz, Püllna und Epsom, Ofen) in großer Menge enthalten.

Sehr nahe, der Zusammensetzung nach, verwandt ist der Kieserit, $MgSO_4 + H_2O$, monoklin, er geht durch Wasseraufnahme in Bittersalz über; H. = 3, G. = 2,6. Das mit Wasser angerührte Pulver erstarrt ähnlich wie Gips zu einer festen Masse (Blockkieserit). In großer Menge in den Abraumsalzen von Staßfurt (Kieseritzone).

2. Sulfate der Alkalierdmetalle.

Die Sulfate der Alkalierdmetalle (des Baryums, Strontiums und Calciums) sind ausgezeichnet durch ihre Schwerlöslichkeit; am leichtesten löslich ist der Gips (Gyps), $CaSO_4 + 2H_2O$, ein wasserhaltiges schwefelsaures Calciumoxyd, dessen Krystalle meistens tafelförmig sind und in sehr dünne,

Fig. 115.

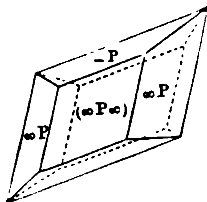
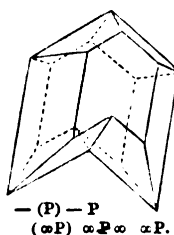


Fig. 116.



biegsame Blättchen sich spalten lassen. Sie gehören dem klinorhombischen System an; beistehende Figuren zeigen Gipskrystalle, wovon der letztere ein Zwilling ist (Schwalbenschwanzzwillinge). H. = 2, G. = 2 bis 2,4; er hat doppelte Strahlenbrechung, Glasglanz und meistens eine weiße Farbe. Der also beschaffene Gips wird Gipsspat, auch Selenit oder Marienglas (Fraueneis) genannt; er ist außerordentlich spaltbar. Außerdem findet man den Fasergips, Schaumgips, den feinkörnigen Gips, der Alabaster heißt und

auch zu Schalen und Vasen, ähnlich wie der Marmor, verwendet wird, von dem er sich aber leicht dadurch unterscheidet, daß er mit Säuren nicht aufbraust und sich mit dem Nagel leicht ritzen läßt. Der Gips bildet auch ganze Gebirge, wie z. B. am Südharz.

Sehr schöne Krystalle finden sich am Montmartre bei Paris, bei Bex, Berchtesgaden; ferner ist der Gyps stehender Begleiter des Steinsalzes (Lüneburg, Segeberg).

Er verliert sein Wasser noch bei mäßigem Erwärmen (150°) (Brennen) und der gebrannte Gips vermag das Wasser wieder aufzunehmen; die mit Wasser angerührte Menge wird kompakt (fest). Anwendung zu Stuck, zu Abgüssen, zu Fußböden (Estrich), er kann auch wie Mörtel benutzt werden; auch wird der Gips als Düngemittel angewendet.

Nach stärkerem Erhitzen nimmt der wasserfreie Gips das Wasser nur sehr langsam wieder auf, er hat dann den Zustand angenommen, in dem wir ihn auch in der Natur als Anhydrit finden.

Der Anhydrit (Muriacit, Karstenit), $CaSO_4$, krystallisiert rhombisch, dick tafelförmig, oft strahlig-körnig, dicht, spaltbar; H. = 3, G. = 2,3; Glasglanz, farblos, meist auch rötlich, bläulich und grau. Er kommt häufig in den Steinsalzlagern (vergl. Steinsalz) mit Gips zusammen vor. Ist er dem Wechsel der Temperatur und dem Einflusse des Wassers unterworfen, so geht er unter Volumenvermehrung (60 Proz.) allmählich in Gips über (Schichtenstauungen). Vorkommen: Bex, Hallein, Ischl, bei Staßfurt (Anhydritregion).

Der Schwerspat oder schwefelsaures Barymoxyd, Baryt, $BaSO_4$, krystallisiert im rhombischen System als rhombische Säule, die in sehr vielen (bis 73) Abänderungen beobachtet worden ist, wovon die tafelförmigen, Fig. 117 und 118, häufig sind. Derselbe ist vollkommen spaltbar, hat unvollkommen muscheligen Bruch; H. = 3 bis 3,5, welch letztere ihn leicht von ähnlichen spatigen Mineralien unterscheidet, G. = 4,3 bis 4,58; er ist durchsichtig mit

Fig. 117.

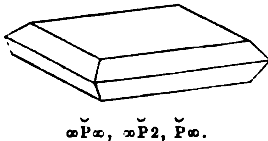
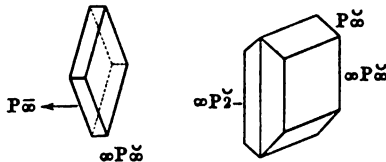


Fig. 118.



doppelter Strahlenbrechung und Glasglanz; die Lötrohrflamme wird von demselben grün gefärbt.

Der deutlich krystallisierte Barytspat findet sich, wenn auch nicht als Massengestein, so doch häufig und in mächtigen Gängen, oft begleitet von Erzen (z. B. im Harz); er ist weiß, auch gelb und rötlich. Der dichte Schwerspat hat ausgedehnte Verwendung als Farbmaterial, Permanentweiß, auch als Zusatz zu Bleiweiß und Zinkweiß, und in der chemischen Industrie zur Herstellung der Barymsalze. Außer dem vorgenannten kommt auch strahliger, faseriger, körniger, dichter und erdiger Baryt vor.

Die kugelförmigen Ausscheidungen des radialstrahligen Baryts bei Bologna (Monte Paterno), gepulvert und mit organischer Substanz (Gummi) geglüht, geben eine im Dunkeln phosphoreszierende Masse (Bologneser Leuchtstein).

Der Cölestin oder schwefelsaures Strontium (Strontiumoxyd), $SrSO_4$, krystallisiert im rhombischen System meist als rhombische Säule. Er ist vollkommen spaltbar, hat muscheligen bis unebenen Bruch; H. = 3 bis 3,5, G. = 3,8 bis 3,96; durchsichtig, doppelt strahlenbrechend, glasglänzend, meistens wasserhell und weiß, die Flamme des Lötrohres purpurrot färbend. Kommt nicht häufig vor, am schönsten in farblosen, durchsichtigen Krystallen mit Schwefel, bei Girgenti. Seine Abarten sind: der Cölestinspat, der strahlige Cölestin, der Fasercölestin, der bläulich gefärbt ist und bei Jena gefunden wird, und der dichte Cölestin, welcher 8 bis 9 Proz. kohlensauren Kalk enthält. Diese Minerale dienen zur Darstellung der Strontianpräparate.

Auch bei Baryt und Cölestin finden wir ein Zwischenmineral, den Barytcölestin $(SrBa)SO_4$, rhombisch.

Diesen schließt sich an der Anglesit, Bleivitriol, $PbSO_4$, rhombisch, der durch starken Glanz bei weißer Farbe sich auszeichnet. Vorkommen: Insel Anglesea, Mies in Böhmen, Leadhills (Schottland).

3. Sulfate des Aluminiums.

Schwefelsaures Aluminium, $Al_2 3(SO_4)$, findet sich mit 9 Mol. Wasser, als Aluminit in geringer Menge, eine weiße, erdige Masse bildend; ferner mit 24 Mol. Wasser und Gehalt von Eisen, Mangan und Magnesia, in Gestalt eines seideglänzenden, haarförmigen Überzuges, daher Federalaun genannt.

Alunit oder Alaunstein, $3(Al_2O_3SO_3) + K_2OSO_3 + 6H_2O$, nennt man ein trachytisches Gestein, das teils von kleinen rhomboedrischen Krystallen, teils von krystallinischer oder dichter erdiger Masse mehr oder weniger durchzogen ist, die aus Kali, Thonerde und Schwefelsäure besteht. Dasselbe liefert, nachdem es geglüht ist, mit Wasser ausgezogen, Alaun; sein Hauptfundort ist Tolfa bei Rom (römischer Alaun).

Auch findet sich das Aluminiumsulfat in traubigen, stalaktitischen Formen, ähnlich wie der Alaun als Zersetzungsprodukt kies- und thonerdhaltiger Gesteine: Keramohalit (Haarsalz), $Al_2O_3 3SO_3 + 18H_2O$.

Fig. 119.

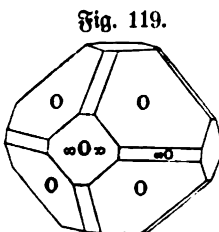
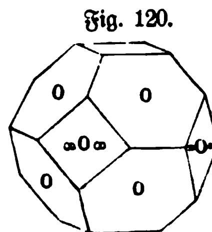


Fig. 120.



Als Zersetzungsprodukt inmitten kohlenschieferartiger Gesteine (Alaunschiefer), sowie in der Umgebung von Vulkanen als Ausblühung begegnet man dem Alaun (Kalinit), $K_2SO_4 Al_2O_3 3SO_3 = K_2SO_4 Al_2S_3O_{12} + 24H_2O$ (= $K_2Al_2 4SO_4$ 24 aq.), nicht selten in farblosen, regulären Oktaedern und Ableitungsformen desselben, Fig. 119, 120. Dieser kaliumhaltige Alaun, der einen süßlich zusammenziehenden Geschmack

besitzt und in der Färberei gebraucht wird, steht an der Spitze einer Familie von isomorphen natürlichen Alaunen, die als Minerale, wenn auch in geringer Menge, vorkommen und in welchen entweder das Kalium vertreten ist durch Natrium oder Ammonium, oder Mangan, Eisen, oder das Aluminium durch Eisen und Mangan. Bei den in der Natur immer nur selten vorkommenden Alaunen ist das Aluminium nie durch die anderen Elemente vertreten; als Beispiel mag noch angeführt werden: der Natronalaun (Solfatarit, Mendozit), $Na_2SO_4 + Al_2O_3 3SO_3 + 24H_2O$; Ammoniakalaun (Tschermigit), $(NH_4)_2SO_4 + Al_2O_3 3SO_3 + 24H_2O$, bei Tschermig in Böhmen, Ätna.

Vitriole. Schon bei der Beschreibung der Kiese, Glanze und Blenden war hervorgehoben, daß viele der betreffenden Mineralien durch Einfluß der Atmosphärilien (Bestandteile der Luft) und des Wassers Umbildung erfahren haben. Zu diesen gehören auch die als Mineralien in der Natur vorkommenden Vitriole, von denen besonders wichtig sind:

Zinkvitriol (Gallitzenstein, Goslarit), $ZnSO_4 + 7H_2O$; er kristallisiert rhombisch in denselben Formen wie das Bittersalz; schön ausgebildete Kristalle, die sich künstlich leicht erhalten lassen, sind bei diesem wie den folgenden Vitriolen in der Natur selten; sie kommen stalaktitisch, krustenförmig vor, als Ausblühungen. Der Zinkvitriol ist weiß, gelblichweiß, von zusammenziehendem, metallischem Geschmack, H. = 2 bis 2,5, G. = 2,1; er ist aus der Zinkblende, ZnS, hervorgegangen. — Vorkommen: Goslar, Fahlun.

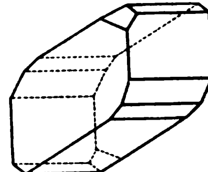
Eisenvitriol (Melanterit), $FeSO_4 + 7H_2O$, monoklin, H. = 2, G. = 1,8; grünlich, verwittert leicht, zusammenziehender (adstringierender), tintenartiger Geschmack. Aus Schwefelkiesen entstanden. Vorkommen: Fahlun, Goslar (Rammelsberg); auch in Grubenwässern gelöst (Goslar) und in Fumarolen (Vesuv).

Außer diesem Sulfat des Eisenoxyduls (Ferrosulfat) finden sich auch Ferrisulfate (Sulfate des Eisenoxyds). Sie sind auf die allgemeine Formel $xFe_2O_3\, ySO_3 + zH_2O$ zu beziehen und enthalten oft noch andere Sulfate. Als Beispiele seien genannt:

Copiapit, $2Fe_2O_3 5SO_3 + 18H_2O$ (Misy), Coquimbit, $Fe_2O_3 3SO_3 + 9$ aq., Glockerit, $2Fe_2O_3SO_3 + 6$ aq. (Vitriolocker).

Kupfervitriol (Chalkanthit), $CuSO_4 + 5H_2O$, läßt sich künstlich leicht in schönen, blauen, glasglänzenden Kristallen des triklinen Systems erhalten, Fig. 121, während er in der Natur nur in der oben beschriebenen Weise vorkommt; Zersetzungsprodukt von Kupferkies, daher gewöhnlich eisenhaltig, H. = 2,5, G. = 2,2 bis 2,3 (Vorkommen: Rammelsberg, Chessy, Vesuv).

Fig. 121.



Manche Grubenwässer enthalten soviel Kupfervitriol (Cementwasser) gelöst, daß durch Ausscheidung mit Eisen das Kupfer gewonnen werden kann.

Chromate.

Von Wichtigkeit ist nur der Krokoit, das Rotbleierz (Kallochrom), $PbCrO_4$, monoklin, gelblichrot; H. = 2,5 bis 3, G. = 5,9 bis 6; selten. Auf Quarzgängen bei Beresowsk (Sibirien) und Congonhas do Campo (Brasilien).

7. Klasse: Borate, Wolframate und Molybdate.

Sie kommen nur an vereinzelten Stellen unserer Erde und mit Ausnahme des Borax nur in geringen Mengen vor. Sie sind das Material für die Herstellung der etwa im Handel gebrauchten Verbindungen der betreffenden Elemente Bor, Wolfram und Molybdän.

Das borsaure Natrium, Natron, $Na_2B_4O_7 + 10H_2O$, heißt als Mineral Borax oder Tinkal, und findet sich in Tibet auf dem Grunde und am Ufer der Boraxseen, häufig durch eine sich fettig anfühlende Substanz verunreinigt. Seine Krystalle gehören zum monoklinen System. H. = 2,0 bis 2,5, G. = 1,5 bis 1,7. In neuerer Zeit wird viel Borax, der sonst hauptsächlich aus Sassolin und Staßfurtit (Abart des Boracits) hergestellt wird, aus den Boraxseen Kaliforniens in den Handel gebracht (Clear Lake, sehr große Krystalle); auch Nevada (Columbus marsh, Salzablagerungen) liefert Borax, der beim Löten, für Lötrohrversuche, und in der Glaserei gebraucht wird. Der interessanteste Boraxsee von Kalifornien ist der in San Bernardino Cy, ein 1,28 qkm großes Becken neben einem trockenen See (Dry-Lake Borax Marsh) gelegen, dessen Boden aus Kochsalz, Borax, Alkalisalzen und vulkanischem Sand besteht. Noch in 150 m Tiefe wurde Borax erbohrt. Neben Borax findet sich noch eine große Zahl anderer Mineralien, Schwefel, Hornsilber, Steinsalz, Gips, Anhydrit, Thenardit, Cölestin, Glauberit, Calcit, Dolomit, Trona, Salpeter, Soda, auch seltene Mineralien wie Gay-Lussit (monoklin), $CaNa_2C_2O_6 + 5H_2O$ und Hanksit, $9Na_2SO_4 2Na_2CO_3 KCl$ (wahrscheinlich hexagonal), sowie noch unbekannte, Northupit, $MgCO_3 Na_2CO_3 NaCl$ und Pirssonit, das dem Gay-Lussit in der Zusammensetzung ähnlich ist, $CaNa_2C_2O_6 + 2H_2O$, aber rhombisch krystallisiert, wurden aufgefunden. Auch die freie Borsäure findet sich in der Natur als Sassolin, H_3BO_3, in krystallinischen Schüppchen und Krusten, die sich fettig wie Talk anfühlen; H. = 1, G. = 1,5; er ist in Wasser löslich. Inkrustationen an den Lagunen Toskanas (Sasso-Suffionen bei Landivillo, Toskana), vergl. S. 94.

Der Boracit oder borsaures Magnesium, etwas Chlormagnesium enthaltend, $2(B_8O_{15}Mg_3) + MgCl_2$, H. = 7, G. = 3, krystallisiert ausgezeichnet schön in Formen des regulären Systems (Vorkommen: Lüneburg); er ist pyroelektrisch, welche Eigenschaft bei 265° verloren geht, — die Krystalle werden dann einfach brechend. Die Krystallformen sind sehr kompliciert, rhombisch und regulär, ebenso auch die Zusammensetzung, die auf die Formel $Mg_7Cl_2B_{16}O_{30} = 2(3MgO 4B_2O_3) + MgCl_2$ bezogen werden muß. Der Hydroboracit besteht aus Magnesium und Calcium in Verbindung mit Borsäure und Wasser, $CaMgB_6O_{11} + 6H_2O$. Diese Minerale kommen nur selten und in vereinzelten Krystallen vor. Vorkommen in Staßfurt (siehe oben), im Carnallit, in Knollen und Linsen (Staßfurtit); H. = 4, G. = 2,9, leichter schmelzbar als Boracit, auch leichter in Salzsäure löslich.

Auch sonst kommt noch eine ziemliche Zahl von Mineralien vor, die hierher gerechnet werden müssen, oft als Doppelverbindung; als Beispiel

werde genannt der Borocalcit, $CaB_4O_7 + 4H_2O$, Pinnoit, $MgB_2O_4 + 3aq$ mit Staßfurtit verwachsen, und der Boronatrocalcit (Tinkalcit, Ulexit), $CaNaB_3O_9 + 6H_2O$, bei Iquique vorkommend (hier auch Tiza genannt).

Der Wolframit, aus Eisenoxydul und Manganoxydul in Verbindung mit Wolframsäure bestehend, $WO_4(Fe, Mn)$, ein diamantglänzendes, schwarzgraues Erz, monoklin; H. = 5,5, G. = 7,5; vor dem Lötrohre schwer zu einer magnetischen Kugel schmelzend, wird zur Darstellung eines wolframhaltigen Stahls und von Farben benutzt. Das Erz begleitet meist den Zinnstein: Zinnwald, Cornwall, Cumberland (Lockfell) (mit Bleiglanz), Neudorf am Harz.

Scheelit (Scheelspat, Tungstein) ist wolframsaurer Kalk, $CaWO_4$, tetragonal, pyramidal; H. = 4,5 bis 5, G. = 5,9 bis 6,2. Fettglanz, grau bis graulichweiß, mit gelber und brauner Mischung, ist zum Teil aus dem Wolframit hervorgegangen und findet sich daher auf Zinnerzlagerstätten (weiße Zinngraupen), namentlich in Monroe (Connect.), wo die Wolframsäure im großen daraus dargestellt wird. Sonstiges Vorkommen: Zinnwald, Schlaggenwald, Neudorf am Harz.

In der Krystallform schließt sich an der Wulfenit (Gelbbleierz, Molybdänbleierz oder -spat), $PbMoO_4$, tetragonal, Fettglanz, von charakteristischer gelber (wachs-, honig-, citronengelber) Färbung, selten rot; H. = 3, G. = 6,6; selten; auf Bleiglanzlagerstätten, Bleiberg in Kärnten, Rezbanya, in neuerer Zeit Tacoma (Utah). Außerdem kommt das Molybdän hauptsächlich noch im Molybdänit (Molybdänglanz, Wasserblei), MoS_2, vor; die Krystalle sind wenig entwickelt, tafelartig und gehören wahrscheinlich dem hexagonalen System an. Das Mineral fühlt sich fettig an, ist sehr weich (H. = 1 bis 1,5), bleigrau, stark metallisch glänzend und leicht abfärbend, so daß es sehr leicht mit Graphit verwechselt werden kann. G. = 4,7. Es findet sich eingesprengt in Graniten und Gneisen im sächsischen Erzgebirge, Cornwall, Skandinavien.

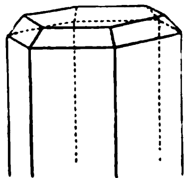
8. Klasse: Phosphate, Arseniate.

Auch die Phosphate, die phosphorsauren Salze, kommen nur in sehr geringen Mengen als Mineralien vor; sie sind zum Teil als Umwandlungsprodukte zu betrachten, manche sind auch wohl unter Mitwirkung organischer Überreste entstanden. Das wichtigste Phosphat, der phosphorsaure Kalk, ist in der organischen Natur sehr verbreitet, er bildet einen hauptsächlichen Bestandteil der Knochen der Wirbeltiere; auch in den Koprolithen (fossile Exkremente), Belugensteinen (Konkretionen vom Stör) und einzelnen Gallensteinen, sowie in vielen Blasen- und Speichelsteinen ist phosphorsaurer Kalk enthalten.

Der Apatit, wegen seiner blaßgrünen Farbe auch Spargelstein genannt, ist ein aus basisch phosphorsaurem Calcium, Fluor- und Chlorcalcium zusammengesetztes Mineral, entsprechend der Formel $3Ca_3P_2O_8 + Ca(Cl_2, Fl_2)$;

er krystallisiert hexagonal (Fig. 122), meist in Gestalt kurzer säulenförmiger bis dick tafelförmiger Krystalle, oft mit übermäßigem Reichtum der Kombinationsflächen, und findet sich als mikroskopischer Gemengteil mancher krystallinischer Gesteine.

Fig. 122.



∞P, oP, P

Eine große Bedeutung hat der Phosphorit, der in gelblichgrünen, traubigen und nierenförmigen, feinkrystallinischen Stücken vorkommt; er besteht aus phosphorsaurem Calcium mit Gehalt von kohlensaurem Calcium und wird als Düngemittel zum Ersatz von Knochenmehl in ausgedehnter Weise, sowie zur Darstellung der Superphosphate (der sauren Calciumphosphate) verwendet. In größeren Lagern findet er sich in Estremadura, England, Norwegen und bei Limburg a. d. Lahn. Osteolith (Knochenstein) ist ein erdig weißes, fast reines phosphorsaures Calcium genannt worden, das in der Wetterau vorkommt.

Der Pharmakolith, arsenitsaures Calciumoxyd, $HCaAsO_4 + 2H_2O$, findet sich in farblosen haar- und nadelförmigen Krystallen (monoklin), die strahlig zu kleinen traubigen und nierenförmigen Gruppen vereinigt sind, als Überzug und in der Nachbarschaft arsenhaltiger Erze; Andreasberg, Joachimsthal.

Aus einer Gruppe von Mineralien, deren Hauptbestandteil phosphorsaures Aluminium mit einem Gehalt an anderen Metallen und hinzutretendem Fluor ist, wie der Vivianit, Wavellit, Amblygonit, Lazulit heben wir den Türkis, auch Kalait, Kallait genannt, $2Al_2O_3, P_2O_5 5H_2O$, hervor; amorph, H. = 6, G. = 2,8, dient als Edelstein; Vorkommen: Mesched, nordwestlich von Herat, Ölsnitz in Sachsen. Er findet sich in nierigen, traubigen Stücken, von himmelblauer bis hellgrüner Farbe und wird als Schmuckstein geschätzt. Die schönsten Türkise kommen aus Persien und Arabien und heißen echte oder orientalische Türkise, zum Unterschied von den abendländischen oder Zahntürkisen, Nachahmungen, welche aus Stücken fossiler Tierzähne, die durch Kupferoxyd gefärbt sind, gefertigt werden.

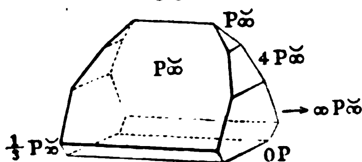
Lazulit, monoklin, $Al_2RP_2O_9 + H_2O$, wobei R = Mg, Fe; nicht zu verwechseln mit dem Lasurstein. Vorkommen: Zermatt, Sinclair-County, Nordcarolina (mit Cyanit).

Wavellit, $3Al_2O_3, 2P_2O_5 + 12H_2O$, rhombisch; besonders in radialstrahligen sternförmigen Büscheln auf verschiedenen Schiefern (Barnstaple in Devon).

Amblygonit, $Al_2O_3P_2O_5$, mit etwas Fluorlithium und Fluornatrium, triklin.

Struvit, rhombisch, $NH_4MgPO_4 + 6H_2O$. Er zeigt ausgezeichneten Hemimorphismus. Die Krystalle kommen oft vollständig ausgebildet vor, H. = 1,5 bis 2, G. 1,6 bis 1,75, farblos, gelb, hellbraun, glasglänzend, oft mit weißer Verwitterungsrinde überzogen; polar thermoelektrisch. Er ist ein neogenes (neu entstandenes) Mineral und wurde in einer Moorerde unter der Nikolaikirche in Hamburg, in Abzugskanälen einer Kaserne

Fig. 123.



(Dresden), in den Skiptonhöhlen bei Ballarat in Australien (im Guano) und im Guano der Saldansebai (Afrika) gefunden. In den Skiptonhöhlen hat sich auch eine andere phosphorsaure Ammoniak-Magnesia, $NH_4Mg_3H_4P_4O_{16} + 8H_2O$, Hannayit gefunden (triklin, prismatisch).

Mit den schweren Metallen giebt die Phosphorsäure und die ihr nahe stehende Arsensäure eine große Reihe oft miteinander isomorpher, also in sehr ähnlichen Krystallformen auftretender Mineralien.

Hierher gehört von Bleiverbindungen:

Der Pyromorphit, phosphorsaures Blei, das jedoch stets Chlorblei und häufig arsensaures Blei beigemengt enthält. Sein gewöhnlicher Name ist Grünbleierz, von der vorherrschend grünen Farbe; es kommt auch gelb und braun, als Braunbleierz, vor; krystallisiert in schönen hexagonalen Säulen. H. = 4, G. = 7; giebt in der Reduktionsflamme eine Bleiperle, die beim Erkalten ein vieleckiges, krystallartiges Korn bildet. Seine Formel ist $3Pb_3P_2O_8 + PbCl_2$. Vorkommen: Johanngeorgenstadt, Przibram.

Das ganz entsprechend zusammengesetzte arsensaure Salz, $3Pb_3As_2O_8, PbCl_2$, gewöhnlich von gelber Farbe, führt den Namen Mimetesit und findet sich an denselben Orten.

In ähnlicher Weise kommt das Kupfer als phosphorsaures und arseniksaures Kupfer, als Libethenit (Phosphorcalcit), Olivenit und Lirokonit (Linsenerz), das noch Thonerde enthält, und in vielen anderen Mineralien vor.

Libethenit, $4CuO, P_2O_5 + H_2O$, rhombisch, H. = 4, G. = 3,7, schwärzlichgrau; Vorkommen: Libethen; Nischne-Tagilsk.

Phosphorchalcit (Pseudomalachit, Lunnit), monoklin, $6CuO, P_2O_5 3H_2O$, traubig, strahlig, Span- bis pistazgrün; Vorkommen: Rheinbreitbach; Nischne-Tagilsk.

Olivenit (Olivenerz), rhombisch, $4CuO, As_2O_5 + H_2O$, lauch- bis schwärzlichgrün, H. = 3, G. = 4,2; ebenda.

Lirokonit, monoklin, sehr komplicierte Zusammensetzung, $18CuO, 4Al_2O_3 5As_2O_5 60H_2O$; Cornwall, Herrengrund, Ungarn.

Hierher gehört auch der rhombische Kalkuranit (Uranit, Autunit) = phosphorsaures Uranylcalcium, $Ca2(UO_2)2(PO_4) + 8H_2O$; sehr spaltbar (Uranglimmer); Johanngeorgenstadt, Schneeberg. Er ist verwandt mit dem

Kupferuranit (Torbernit), $CuO2(UO_2)O, P_2O_5 + 8H_2O$, der jedoch tetragonal krystallisiert, aber auch sehr spaltbar ist (Uranglimmer); ebenda.

Die arsenhaltigen Kobalterze haben die Kobaltblüte (Erythrin), $Co_3As_2O_8 + 8H_2O$, gegeben, wasserhaltiges, arsensaures Kobaltoxyd; sie krystallisiert monoklin in kleinen Nadeln und bildet meist einen erdigen Überzug von rosenroter Farbe auf arsenhaltigen Kobalterzen (vergl. oben S. 80).

Von den entsprechenden Nickelerzen sei genannt:

Die Nickelblüte oder Nickelocker (Annabergit), $Ni_3As_2O_8 + 8H_2O$, ist arsensaures Nickeloxyd und zeigt sich meist als erdiger, apfelgrüner Überzug der Nickelerze, seltener in gehäuften Krystallnädelchen (monoklin, vgl. S. 79).

Auch die Eisenerze haben eine große Menge verschiedenartiger Mineralien geliefert, die aus phosphorsaurem und arsensaurem Eisenoxydul resp. Eisenoxyd bestehen. Es mögen nur genannt werden:

Der Vivianit, monoklin, mit der Kobaltblüte isomorph, $Fe_3(PO_4)_2 + 8H_2O$, von blauer Farbe, auch erdig (Blaueisenerde, die bisweilen als Farbe verwendet wird). Vorkommen: Bodenmais, und Amberg in Bayern.

Strengit (siehe a. S. 79) ist phosphorsaures Eisenoxyd mit Wasser; Skorodit, $Fe_2O_3As_2O_5 + 4H_2O$, rhombisch, sowie Pharmakosiderit (Würfelerz), $Fe_4As_3O_{15}H_3 + 6H_2O$, sind wasserhaltige arsensaure Eisenoxydverbindungen.

Da alle diese Mineralien überdies auch Zwischenverbindungen geben und die Arsensäure und Phosphorsäure sich in sehr verschiedenen Verhältnissen mit den Metalloxyden verbinden, auch noch andere als die angeführten Metalloxyde mit den genannten Säuren Mineralverbindungen gebildet haben, so hat man eine große Anzahl unwichtiger Körper, die dieser Gruppe angehören, ca. 70 bis 80. Bei einigen von diesen ist es indes zweifelhaft, ob sie als wirkliche Mineralarten anzusehen sind.

Wenn man die Mineralogie ganz der Chemie unterordnet und nicht als selbständige Wissenschaft auffaßt, sondern nur als die Wissenschaft von den Elementen und ihren in der Natur vorkommenden chemischen Verbindungen, so gruppieren sich die den letzten Gruppen eingeordneten Mineralien sehr leicht nach den einzelnen metallischen Elementen, die in ihnen enthalten sind. So würde dann beim Blei das Vorkommen desselben als Bleiglanz, Mennige, Schwerbleierz, als Cerussit, Pyromorphit, Mimetesit u. s. w. anzuführen sein, eine Gruppierung, die bei der Erörterung der einzelnen Elemente sich leicht auf Grund eines besonderen mineralogischen Überblickes durchführen läßt.

Den Phosphaten möge noch ein erst in neuerer Zeit sehr wichtig gewordenes Mineral angeschlossen werden, der

Monazit (Mengit, Monacit), vergl. S. 64.

Er krystallisiert monoklin, dicktafelig oder kurz prismatisch, spaltbar; H. = 5 bis 5,5, G. = 5; bräunlich, hyazinthrot, gelblich, braun (Vorkommen: Arendal, Connecticut, Nordkarolina, Virginien, Brasilien, in den Sanden von Prado, Bahia). Er enthält eine Reihe seltener Erden und ist eine Verbindung der Phosphorsäure mit den Oxyden des Lanthans, Didyms und Cers: $(Ce, La, Di)PO_4$. Oft Thor enthaltend (2 bis 3 Proz.). Diese Erden, die auch in anderen noch selteneren Mineralien vorkommen, sind sehr schwer schmelzbar und leuchten beim Erhitzen mit hellem, weißem Lichte. Der Monacit liefert die Hauptmasse der seltenen Erden, welche für Herstellung der Glühkörper (Strümpfe) bei dem Gasglühlichte (Auerlicht) erforderlich sind.

Es gehören hierher noch Thorit, $ThSiO_4$, Thorerde, ThO_2, und Zirkon, $ZrSiO_4$. Die am besten zu verwertenden Monacite enthalten noch Thor, wohl als Thoriumsilikat (so der Orangit). Der Thorit hat manche Umwandlungen erfahren; solche sind z. B. der Auerlith (phosphorsäure-

haltig), Eukrasit. Die höchste Leuchtkraft haben das Thorium- und Lanthanoxyd, sowie das Yttriumoxyd, das sich in einer ganzen Anzahl von Verbindungen bei Ytterby in Schweden findet (z. B. Yttrotantalit, Ytterspat). Hier mag auch der Gadolinit, $Fe_2Be_2Y_2Si_2O_{10}$, monoklin, von grüner, brauner, schwarzer Farbe, der durch Salzsäure leicht zersetzt wird, erwähnt werden (vergl. Silikate).

9. Klasse: Silikate (kieselsaure Salze).

Allgemeines.

Unter diesem Namen versteht man alle Verbindungen (Salze), welche sich aus der Kieselsäure ableiten lassen, und rechnet bisweilen auch die wasserfreie Kieselsäure, SiO_2 (Quarz), vergl. oben S. 90, und wasserhaltige Kieselsäure, $SiO_2 + aq$ (Opal) hinzu. Die direkte Ableitung der Zusammensetzung aus den beiden Grundkieselsäuren, H_2SiO_3 und H_4SiO_4 (Meta- und Orthokieselsäure), ist bei den meisten Silikaten nicht möglich; man muß vielmehr annehmen, daß sich mehrere Moleküle dieser Kieselsäuren zusammengelagert haben und daß sie dann unter Austritt einer bestimmten Anzahl von Wassermolekülen Polykieselsäuren (vielfache Kieselsäuren) bildeten, auf welche nun die Formeln der Silikate bezogen werden können. Aus den Polykieselsäuren lassen sich nun die Formeln der meisten natürlichen Silikate, die je nach der Anzahl der Siliciumatome als Bi-, Tri-, Tetra- u. s. f. Silikate bezeichnet werden, recht gut ableiten. — Auf H_4SiO_4, die normale Kieselsäure (die Orthosilikate bildend), lassen sich nur wenige Silikate beziehen, mehr schon auf die Metakieselsäure, $H_4SiO_4 - H_2O = H_2SiO_3$, so der Wollastonit, Tafelspat, $CaSiO_3$, klinorhombisch krystallisierend, H. = 4,5 bis 5, G. = 2,8, weiß; (Vorkommen: Auerbach an der Bergstraße, auch in Lavagesteinen; Diana in New York), der im hexagonalen System krystallisierende Dioptas (Kupfersmaragd), H_2CuSiO_4, von smaragdgrüner Farbe, H. = 5, G. = 3,3, ein seltenes, in den Kupfererzen von Copiapo (Chile) vorkommendes Mineral, ein Orthosilikat, während der reguläre Analcim: $\left.\begin{matrix}Si_4\\Al_2\\Na_2\end{matrix}\right\} O_{12} + 2H_2O$, auf eine oktohydrische Tetrakieselsäure zu beziehen wäre:



$$4H_4SiO_4 - 4H_2O = H_8Si_4O_{12}.$$

Da aber die meisten Silikate noch verschiedene basische Elemente enthalten und die Polykieselsäuren uns ein Schema der Ableitung geben, ist es besser, natürliche Gruppen, die man aus verschiedenen Einteilungsprinzipien gewinnen kann, aufzustellen.

Ein großer Teil der Silikate bildet einen Hauptgemengteil der Gesteine (z. B. der Feldspat) und so können nach den wichtigsten Mineralien dieser Art Gruppen gebildet werden, wobei die Krystallform für die Untergruppen als Einteilungsgrund dienen kann; wieder andere Silikate sind durch große Härte ausgezeichnet, so daß sie als Schmuck- und Edelsteine Anwendung finden: so die Sklerite (Topas). — Die Silikate werden von den gewöhnlichen Säuren,

mit Ausnahme der Flußsäure, nicht zersetzt und sind schwer schmelzbar; bei einer Gruppe jedoch finden wir leichte Schmelzbarkeit (oft unter Aufblähen) und Zersetzbarkeit durch Salzsäure, bei der der Zeolithe (Kochsteine), die außerdem fast alle wasserhaltig sind.

Wasser löst die Silikate in kurzer Frist nicht, aber langandauernde Einwirkung hat unter Beihülfe der Luftbestandteile mehr oder weniger tiefgreifende Veränderungen hervorgebracht, so daß sich aus den Silikaten selbst und den Gesteinen derselben neue Mineralien oder Gesteine gebildet haben (Thone), vergl. Petrographie.

Wir wollen folgende Gruppen unterscheiden:

1. Die Zeolithe.
2. Die Feldspate.
3. Die Thone.
4. Die Glimmer.
5. Die Gruppe des Talks und Serpentins (weiche Silikate, Steatite).
6. Die Olivin- und Augit-Hornblendegruppe.
7. Die Sklerite (Edelsteine, einschließlich der Granatgruppe).

Anhang: Meteorite, Meteorsteine.

1. Gruppe der Zeolithe.

Die Zeolithe, d. h. Kochsteine, weil sie sämtlich Krystallwasser enthalten, welches beim Erhitzen derselben Aufschäumen verursacht, sind meistens weiß, glasglänzend, durchsichtig und haben eine Härte von 3,5 bis 6,5, sowie ein spec. Gew. von 2 bis 3. Die Mehrzahl der Zeolithe besteht aus Doppelsilikaten des Aluminiums mit einem oder mehreren sich zum Teil vertretenden Alkali- oder Erdalkalimetallen; die übrigen sind Calciumsilikate, einige enthalten noch Fluor. Während sowohl ihre chemische Zusammensetzung, namentlich aber die Mannigfaltigkeit und Eigentümlichkeit ihrer Krystallformen viel Interesse erregen, ist kein Glied dieser Familie durch massenhafte Verbreitung oder technische Verwendung wichtig. Sie werden gewöhnlich durch Salzsäure zersetzt. Sie finden sich oft in Hohlräumen der Basalte und Melaphyre ꝛc. und sind sehr wahrscheinlich Zerlegungsprodukte der in denselben enthaltenen Feldspate. Wir müssen uns darauf beschränken, nur einige der bekannteren Zeolithe nebst ihren Formeln und Krystallformen anzuführen:

Analcim, $Si_4O_{12}Na_2(Al_2) + 2H_2O$; regulär.

Phillipsit (Kalkharmotom), $Si_4O_{12}(Ca, Na_2K_2)Al_2 + 4H_2O$; monoklin.

Harmotom, $Si_5O_{14}(Ba, K_2, Al_2) + 5H_2O$; monoklin.

Stilbit, Desmin, $Si_6O_{16}Ca(Al_2) + 6H_2O$; monoklin.

Chabasit (Phakolith, Würfelzeolith), $Si_5O_{15}Ca(Al_2K) + 6H_2O$; rhomboedrisch.

Mesotyp, Natrolith, $Si_3O_{10}Na_2(Al_2) + 2H_2O$; rhombisch.

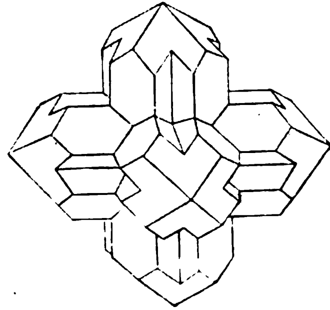
Thomsonit (Comptonit), $Si_2O_8\,2(CaNa_2)(Al_2) + 5H_2O$; rhombisch.

Prehnit, $Si_3O_{11}Ca_2(Al_2) + H_2O$; rhombisch.

Apophyllit (Ichthyophthalm), $4(Si_2O_6CaH_2 + H_2O) + KFl$; quadratisch.

Der Harmotom heißt auch Kreuzstein, weil seine säulenförmigen Krystalle fast immer sich durchkreuzend als Zwillinge vorkommen. Fig. 124 giebt uns die Abbildung eines aus drei Zwillingspaaren gebildeten, ausgezeichnet schönen Harmotomkrystalles aus Andreasberg. Derselbe ist somit ein Sechsling. Der Mesotyp oder Faserzeolith ist der gemeinste Zeolith, dessen strahlig um einen Mittelpunkt stehende Krystallsäulchen sich in die feinsten Fasern zerteilen. Ähnlich verhält es sich mit dem Stilbit, daher auch Strahlzeolith genannt. Die Mesolith genannten Zeolithe sind meist Gemische von Natrolith, Natron-Mesotyp und dem Kalk-Mesotyp, $Si_3O_{10}CaAl_2 + 3H_2O$ (Skolezit).

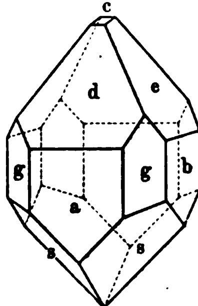
Fig. 124.



Hier läßt sich auch anschließen:

Das Kieselzinkerz (Kieselgalmei, Kieselzinkspat, Kalamin, Kieselzink), $Zn_2H_2SiO_5$; Fig. 125. Das Mineral krystallisiert rhombisch und giebt ein ausgezeichnetes Beispiel für den Hemimorphismus; Brachypyramide; meist in kugeligen Aggregaten. Nach den prismatischen Flächen spaltbar. Durchsichtig

Fig. 125.



c Basisfläche; *d* ein Makrodoma; *e* ein Brachydoma; *a* Makropinakoid; *g* Prisma; *b* Brachypinakoid; vergl. S. 30.

bis an den Kanten durchscheinend, farblos, gelb. Pyroelektrisch; durch Salzsäure zersetzbar; H. = 5, G. = 3,3 bis 3,5. Kommt gewöhnlich mit Zinkspat vor, doch nicht so reichlich wie dieser; Altenberg bei Aachen, Tarnowitz, Iserlohn.

Dioptas, H_2CuSiO_4 (Achirit, Kupfersmaragd), hexagonal, kurz säulenförmig. Nach den Flächen des Rhomboeders spaltbar; spröde; H. = 5, G. = 3,3; durchscheinend. Smaragdgrün; Vorkommen: Kirgisensteppe, im Kalkstein des Berges Altyn Tibet, Rezbanya in Ungarn, Copiapo in Chile.

Hierher gehört auch Kieselmalachit (Chrysokolla, Kieselkupfer, Kupfergrün), $H_2CuSiO_4 + H_2O$; dicht; in traubigen, stalaktitischen Massen; H. = 2 bis 4, G. = 2 bis 2,2; schön smaragdgrün. Fundorte: Kupferberg in Bayern, Herrengrund, Libethen in Ungarn.

2. Gruppe der Feldspate.

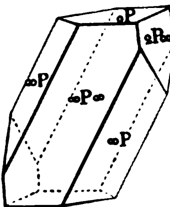
Der Name Spat ist sehr alt und soll wohl ein spaltbar krystallisiertes Mineral bezeichnen. Die hierher gehörigen Minerale haben in ihrer chemischen Zusammensetzung Ähnlichkeit mit den Zeolithen, wenn man von dem Wassergehalte der letzteren absieht, da auch einige von ihnen durch Säuren zersetzt werden (wie der Labrador). Ihre Härte geht bis 7, ihr specifisches Gewicht bis 3,3. Sie sind meistens glasglänzend, oft ungefärbt und vor dem Lötrohre schwierig schmelzbar.

Die Feldspate sind Doppelsilikate des Aluminiums mit Kalium, Natrium und Calcium, und hiernach, sowie in Betracht ihrer Krystallform unterscheidet man:

1. Orthoklas, klinorhombischer, oder Kalifeldspat, gewöhnlicher Feldspat, $Si_6 O_{16} Al_2 K_2$.
2. Plagioklase (plagioklastische Feldspate), klinorhomboidisch, triklin, wozu der Natronfeldspat oder Albit, $Si_6 O_{16} Al_2 Na_2$, und der Kalkfeldspat oder Anorthit, $Si_2 O_8 Al_2 Ca$, gehören.

Der gewöhnliche Feldspat, Kalifeldspat oder Orthoklas, $K_2Al_2Si_6O_{16}$, krystallisiert in klinorhombischen Säulen, häufig in Zwillingen vorkommend, namentlich bei Karlsbad (s. a. unten). Er ist sehr vollkommen spaltbar, hat unebenen Bruch; H. = 6, G. = 2,5; ist durchsichtig, glasglänzend, weiß oder fleischrot, auch wohl grün. Er findet sich sowohl in ausgebildeten Krystallen, als auch in größeren krystallinischen Massen. Am gewöhnlichsten tritt er als ein Gemengteil verschiedener Felsarten, namentlich des Granits, Gneises und Syenits auf und ist dadurch besonders wichtig. Von dem gemeinen Feldspat (Pegmatolith) unterscheidet man den glasigen Feldspat oder Sanidin (Rhyakolit), Fig. 126, der meist ungefärbt, durchsichtig und auf der Oberfläche streifig ist; er findet sich in den jüngeren vulkanischen Gesteinen, wie z. B. im Trachyt (Drachenfels) und Phonolith. Adular nennt man stark glänzende Feldspatkrystalle, die meist aufgewachsen, farblos und sehr durchsichtig sind; Mondstein ist dasselbe Mineral mit einem bläulichen Lichtschein im Inneren. Amazonenstein nennt man eine smaragdgrüne Varietät (in Bodenmais vorkommend). Der nicht krystallisierte, dichte Feldspat heißt Feldstein oder Felsit; er ist weniger rein und bildet, oft verbunden mit Quarz, die Grundmasse mehrerer Felsarten, wie der Porphyre. Der Kalifeldspat mit eingelagertem Albit führt den Namen Perthit.

Fig. 126.



Der Feldspat ist als Gemengteil vieler Gebirgsarten, namentlich des Granits, Gneises und Syenits, sehr verbreitet. Schöne Krystalle kommen vor zu Karlsbad und Ellenbogen in Böhmen, Ochsenkopf am Fichtelgebirge, bei Wunsiedel in Bayern, Schneeberg und Wildenau in Sachsen. Der Mondstein wird als Schmuckstein benutzt, der gemeine Feldspat findet bei Fabrikation von Porzellan, zu Glasuren und dergleichen, sowie als Zuschlag bei Verhüttung von Erzen Anwendung, ferner giebt er als Verwitterungsprodukt die Porzellan-

erde und liefert die Alkalien vieler Bodenarten, ist also für die Landwirtschaft von größter Wichtigkeit.

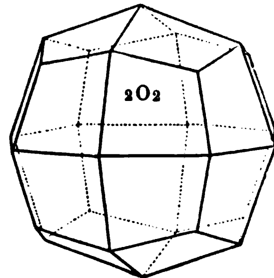
Der Natronfeldspat oder Albit findet sich vorherrschend in weißen, klinorhomboidischen Krystallen, die entweder tafelartig, oder kurz säulenförmig sind; im letzteren Falle Periklin genannt, bei dem auch etwas Na durch K vertreten ist. Auch der Albit ist ein Bestandteil mancher Felsarten, insbesondere einiger Granite, Diorite, Trachyte und Porphyre.

Zu bemerken ist, daß die Kalifeldspate fast immer etwas Natrium enthalten und umgekehrt die Albite kaliumhaltig sind. Als Gemenge von Natron- und Kalkfeldspat in wechselnden Verhältnissen gelten nachfolgende Feldspatarten: Oligoklas, Andesin, Labradorit u. a. m.; der Mikroklin ist ein trikliner Kalifeldspat, $K_2Al_2Si_6O_{16}$, dessen große Krystalle aus mikroskopischen Zwillingskrystallen zusammengesetzt sind; grün gefärbt, vom Ilmengebirge kommend als Amazonenstein (auch als Schmuckstein benutzt, vergl. oben und die Übersicht S. 118).

Aus der großen Reihe feldspatähnlicher Gesteine führen wir an:

Leucit, $K_2Al_2Si_4O_{12}$; dimorph; seine Krystallform, Fig. 127, ist ein Deltoid-Ikositetraeder (das sog. Leucitoeder); bei gewöhnlicher Temperatur erscheinen die Krystalle als rhombische Kombination, bei 265° werden sie isotrop (gleichbeschaffen) und regulär; beim Abkühlen tritt der Zwillingsbau des rhombischen Systems wieder hervor. Er findet sich meist in weißlichen, rundum ausgebildeten Krystallen, den Laven (Leucitlaven) und basaltigen Gesteinen eingemengt. Nephelin, $2(NaK), (Al_2)Si_2O_8$, hexagonal, kleine, farblose Krystalle im Phonolith, Basalt und in der Lava. Sodalith, $3Na_2Al_2Si_2O_8 + 2NaCl$, regulär, weiß, öfter grün und blau. Hauyn, $Si_2O_8\,2(Na_2Ca)(Al_2) + (Na_2Ca)SO_4$; regulär, blaue Krystalle in Laven (Vorkommen: Niedermendig, Andernach).

Fig. 127.



Anreihen läßt sich der Lasurstein (Lasurit) oder Lapis Lazuli, ein Natriumaluminiumkalksilikat mit Gehalt von einem Sulfat und Sulfid (FeS); eine Formel läßt sich nicht aufstellen; in hoher Temperatur schmilzt er unter Entfärbung. Er findet sich in Sibirien, Tibet, China und wird, ausgezeichnet durch seine herrliche blaue Farbe, zu allerlei Bild- und Schmuckwerk verwendet; auch diente er früher ausschließlich zur Darstellung des Ultramarins, das deshalb sehr kostbar war, jetzt aber künstlich dargestellt wird, vergl. Chemie S. 275.

Die folgenden Minerale sind Gemenge von Kieselsäure mit Feldspat, welcher letztere häufig in Krystallform ausgeschieden sich vorfindet; sie sind entweder glasig geschmolzen oder schlackig und schaumig aufgetrieben und Produkte vulkanischer Laven, von denen man die feldspatreichen als Feldspatlaven zu bezeichnen pflegt. Ersteres ist der Fall bei dem Obsidian oder Bouteillenstein (grün, in Böhmen), von schwarzer oder grünschwarzer, glasähnlicher Masse, der in Strömen und in Gestalt von Auswürflingen in der

Umgebung der Vulkane sich findet und zu allerlei Gegenständen, wie Dosen, Knöpfen u. s. w., verarbeitet wird (Island, Lipari, Tokay). Die Südamerikaner verfertigten daraus ihre schneidenden Geräte und Waffen. Der Bimsstein, der in der Nähe von Vulkanen stromartige Lager bildet, ist schaumig, glasig und dient zum Schleifen und Polieren der weicheren Gegenstände, da seine Härte nur = 4,5 ist, ferner zur Anfertigung leichter Bausteine und Zusatz zu ordinärem Glas, sowie zur Seife. Er ist blasig aufgetriebener Obsidian und schmilzt beim Erhitzen zu einer glasigen Masse. Auch heute noch geben viele Vulkane bedeutende Massen von Bimsstein (wie es beim Ausbruch des Krakatoa 1883 in der Sundastraße der Fall war).

Der Perlstein ist ein glasartiges, aus rundlichen Körnern mit schaliger Umhüllung bestehendes Gestein, von graulicher Farbe, H. = 6, G. = 2,3, aus dem mächtige Gebirgslager bestehen (Ungarn, Mexiko). Der Pechstein, durch streifige Färbung und Fettglanz dem Pech ähnlich, H. = 5,6, G. = 2,2, bildet ebenfalls bedeutende Gebirgsmassen (Tokai, Meißen). Beide enthalten 3 bis 9 Proz. Wasser.

Alle diese Produkte haben eine wechselnde Zusammensetzung und sind also Gemische, die sich den heutigen Laven (Gesteinen) anschließen. Um von der Zusammensetzung eine Vorstellung zu geben, so sei bemerkt, daß die Obsidiane 60 bis 78 Proz. Kieselsäure, 7 bis 19 Proz. Aluminiumoxyd, 6 bis 11,5 Proz. Alkalien (Kali und Natron) enthalten, außerdem noch Eisenoxyd, Calcium und Magnesiumoxyd, und bisweilen auch Wasser. Ihre ungleichmäßige Struktur tritt deutlich bei den Dünnschliffen hervor.

Die Feldspatgesteine verwittern sehr leicht. Der Verwitterungsprozeß, der im Laufe der Zeit eintritt, geht im wesentlichen so vor sich, daß das kieselsaure Alkali gelöst und entfernt wird, und eine an kieselsaurer Thonerde reiche wasserhaltige Masse (Thon) zurückbleibt. Diese kann an der ursprünglichen Lagerstätte verbleiben (man hat vielfach halb verwitterte Feldspatkrystalle gefunden), oder fortgespült und wieder abgesetzt sein (sekundäre Lagerstätte), wodurch eine Menge Beimengungen hineingelangen können. Auch die feldspathaltigen Gesteine (Porphyr, Granit) verwittern ähnlich, doch verhalten hier die Gesteine sich sehr verschieden; von den Graniten verwittern einige nur sehr wenig und äußerst langsam.

Die so gebildeten Produkte können wie die Laven, die auch dem Verwitterungsprozesse unterliegen, zu den Gesteinen gerechnet werden (vgl. Geologie).

Der Labradorit (Labradorfeldspat) findet sich nur selten in Krystallen (triklin), meist in körnigen Massen von grauer oder grauweißer Farbe. Die Spaltungsflächen zeigen häufig ein sehr schönes Farbenspiel (blau und grünblau, seltener rötlich). Dies tritt besonders beim Schleifen der Steine hervor; so bei den von Labrador (Nain) und den St. Paulsinseln stammenden Steinen. Der Labrador wird auch wohl zu Schmuckgegenständen, Tischplatten, Vasen verarbeitet.

Labradoritfels, der zu Grabdenkmälern vielfach verarbeitet wird, findet sich in Norwegen (Naròdal), in Kanada; auch ist der Labradorit ein Gemengteil des Diorits, Gabbro und vieler anderer Gesteine (vergl. Petrographie).

Bezeichnet man Albit mit Ab, Anorthit mit An, so kann man folgende Übersicht der triklinen Feldspate mit Ausnahme des Mikroklins aufstellen:

Albit	Ab,
Oligoklas . . .	$Ab_3 An$,
Andesin	Ab, An,
Labrador . . .	Ab, An_3,
Bytownit . . .	Ab, An_6,
Anorthit	An.

3. Gruppe der Thone.

Wie früher schon erwähnt, bildet das Aluminium als Oxyd einige Mineralien von bestimmter Zusammensetzung (s. oben S. 89 Korund); es ist nicht zu verwechseln mit Thon, worunter man die chemische Verbindung von Kieselerde, SiO_2, mit Thonerde, Al_2O_3, versteht.

Die Thone (Aluminiumsilikat, kieselsaures Aluminiumoxyd) mit Wasser sind schwer schmelzbar oder ganz unschmelzbar vor dem Lötrohre; sie sintern etwas zusammen, schwinden. Die Farbe ist meist grauschwarz, auch rötlich; H. = 1 bis 3, G. = 2 bis 2,6. Von Schwefelsäure werden die Thone zersetzt (hierauf gründet sich die Darstellung von Aluminiumsulfat). Sie sind meist leicht zerreiblich, bleiben im Wasser lange schwebend und setzen sich als feiner Thonschlamm ab; sie saugen mehr oder weniger stark Wasser ein und geben knetbare (plastische) Massen.

Von den erdigen, durch Eisenoxyd oder dessen Hydrat gelb, rot oder braun gefärbten Thonen sind anzuführen die Gelberde, die als Tüncherfarbe benutzt wird, und der Tripel, der 80 bis 90 Proz. Kieselerde enthält und daher zum Polieren und Putzen dient. Der Bolus, auch Lemnische- oder Siegelerde genannt, ist ein roter, fettig anzufühlender, an der Zunge klebender Thon, der früher in der Medizin gebräuchlich war. Er dient als rote Farbe, namentlich für Geschirre. Die Terra di Siena ist ein brauner, als Maler- und Druckfarbe benutzter Thon. Das Steinmark füllt in derben Massen die Spalten verschiedener Massengesteine aus, woher es seinen Namen hat.

Am wertvollsten von allen Thonen aber ist die Porzellanerde, auch Kaolin genannt, $H_4Al_2Si_2O_9$, aus verwittertem Feldspat entstanden, bildet derbe, erdige Massen, die weiß oder nur blaß gefärbt und namentlich frei von Eisen sind. Dieses zur Anfertigung des Porzellans dienende Mineral findet sich in lagerähnlichen Räumen in Granit und anderem Gestein, jedoch nicht allzu häufig. Vorzügliche Erden sind die von Aue bei Schneeberg und Meißen in Sachsen, Halle a. S., Passau, Karlsbad, Limoges in Frankreich u. a. m. Daß China und Japan im Besitz solcher Erden sind, geht daraus hervor, daß wir von dort nicht allein zuerst das Porzellan, sondern auch den Namen Kaolin erhalten haben.

Der gemeine Thon ist freilich für die Mehrzahl der Menschen noch wichtiger als die Porzellanerde. Zum Teil dieser noch sehr ähnlich, wird er Porzellanthon genannt, oder Pfeifenthon, wenn er weiß ist, Töpferthon, wenn er gröber und gefärbt ist. Aller Thon fühlt sich fett an und klebt an der

Zunge, indem er begierig Wasser einsaugt und zurückhält. Noch stärker saugt er Fette ein, daher er zum Ausziehen der Fettflecke benutzt wird (als Walkerde). Auch hat der Thon einen eigentümlichen sog. Thongeruch, was man daher leitet, daß er die Fähigkeit besitzt, Ammoniak aus der Atmosphäre anzuziehen. Der Thon ist unschmelzbar, und Thongesteine dienen deshalb als feuerfeste Steine oder Gesteine zum Ausmauern von Räumen, die große Hitzegrade auszuhalten haben, wie Hoch- und Porzellanöfen, Flammöfen, Glasöfen u. s. w. Der erdige Thon wird zu Geschirren verschiedener Art verarbeitet. Durch Beimischung von Kalk verliert der Thon mehr und mehr seine Eigenschaften, namentlich seine Unschmelzbarkeit, indem er durch Beimengung von Sand in Mergel, in Lehm oder Letten übergeht (vergl. Keramik, Chemie S. 268).

Zum Schlusse dieser Familie werde des **Bildsteins** (Agalmatolith) gedacht, eines kalihaltigen, grünlichgrauen, auch rötlichen Thonsteines, aus welchem die Chinesen ihre bekannten kleinen Götzenbildchen (Pagoden) schnitzen.

Zu den Verwitterungsprodukten der Laven gehören die **Santorinerde**, die **Puzzolane** (Italien) und der **Traß** (Brohl am Rhein), auch Tuff- und Duckstein genannt. Sie sind Thonerdesilikate, gewöhnlich mit den Beimengungen von Eisenoxyd, Kalk, Magnesia und Alkali. Sie werden zur Herstellung des Wassermörtels und Cementes verwendet.

Manche kalkhaltige Thone (Mergel), bei Boulogne, in Bayern, dienen nach dem Brennen ebenfalls zur Cementfabrikation.

4. Gruppe der Glimmer.

Diese Familie ist sehr gut durch ihren Namen charakterisiert, denn ihre Minerale finden sich in Gestalt dünner Blättchen krystallisiert, die einen ausgezeichneten glimmernden Metallglanz haben. Diese Blättchen sind **höchst spaltbar**, biegsam und von geringer Härte, so daß die Glimmerarten sich meistens eigentümlich glatt anfühlen. Ihre Härte geht nicht über 3, ihr spec. Gew. = 2 bis 3. Nach ihrer chemischen Zusammensetzung sind die Glimmer Doppelsilikate von Aluminium mit Kalium, Magnesium und Eisenoxyden, die teilweise vertreten werden durch Natrium, Lithium, Calcium und Wasser und für welche eine zuverlässige Formel schwierig aufzustellen ist.

Man unterscheidet je nach den vorwaltenden Bestandteilen den **gemeinen** oder **Kaliglimmer** (Muskovit), auch **zweiachsiger Glimmer** genannt, weil er optisch zweiachsig ist; er findet sich außerordentlich verbreitet, besonders in verschiedenen Felsarten, wie er denn z. B. die glänzenden Blättchen in Granit, Gneis und Glimmerschiefer ausmacht; er ist meist farblos, durchsichtig und kommt in Sibirien als sogenanntes „**Marienglas**" (vergl. Gips, S. 104), auch **Mica** genannt, in so großen Blättern vor, daß er zu Fensterscheiben, sowie zu Schutzbrillen, Lampenschirmen, Ofenfenstern und Cylindern verwendet wird, da er hohen Temperaturen gut widersteht. Auch wird er gepulvert zu Streusand, und mit Salzsäure behandelt und ausgewaschen zu Brokatfarben (Glimmerbraun) verwendet. In vielen Gesteinen kommt als Beimengung der schwarze Glimmer, Magnesiaglimmer (**Biotit**) vor. Er ist meist **dunkel** gefärbt, grün, braun, schwarz, krystallisiert auch monoklin und kommt auch in körnig-blätterigen, schieferigen Massen vor. Stets eisenhaltig.

Der viel seltenere Lithionglimmer (Lepidolith) steht dem Kaliglimmer nahe, unterscheidet sich von ihm durch die Färbung (rot, rosa, grün), den hohen Gehalt an Fluor und den Lithiongehalt. Wegen des letzteren wird er auch auf Lithionverbindungen verarbeitet.

Die Zusammensetzung der Glimmer kann auch auf bestimmte Formeln bezogen werden.

Kaliglimmer, $HK_2Al_6Si_6O_{24}$, Muskovit,

Magnesia-, Eisenglimmer, $(KH)_2(MgFe)_2(AlFe)_2Si_3O_{12}$, Biotit,

Lithionglimmer, $Fe_2(LiK)_2Al_2Si_3O_9$, Lepidolith.

Die Krystallform ist monoklin.

Hier schließt sich der Sericit an, der dem Muskovit zuzurechnen ist, fettig anzufühlen und früher oft mit Talk verwechselt wurde, im Protogyn der Alpen, Sericitschiefer, Taunus. Diese talkähnlichen Glimmer haben sehr verschiedene Namen erhalten, Damourit, Onkosin u. s. w.

Chloritgruppe.

Die Chlorite, die basischen, wasserhaltigen Magnesia-Thonerde-Silikate ohne Alkalien sind weniger hart und weniger spaltbar.

Chlorit, $H_9Mg_5Al_3Si_3O_{20}$ (ein Teil Mg öfters durch Fe vertreten; der stark eisenhaltige auch Rhipidolith genannt), ist das wichtigste Mineral dieser Gruppe. Monoklin, scheinbar hexagonale, tafelförmige Krystalle, meist dünne, biegsame, grüne, perlmutterglänzende Blättchen. H. = 3 bis 4, G. = 2,8. Der Chlorit bildet als Chloritschiefer ganze Gebirgsmassen (Tirol); er schließt oft schön ausgebildete Mineralien ein, Granat, Magneteisenstein (im Zillerthal). Man unterscheidet fünf Glieder: Pennin (in Zermatt vorkommend), Klinochlor, Prochlorit, dem sich unmittelbar Korundophilit und Amesit anschließen.

Diese Mineralien bilden den Übergang zur folgenden Gruppe.

5. Gruppe des Talks und Serpentins (weiche Silikate).

Malako-Habro-Silikate.

Man rechnet hierher weiche, meistens schneidbare oder leicht spaltbare Minerale, deren Härte höchstens 2,3 ist und die nicht zu Krystallen ausgebildet, sondern meistens undurchsichtig, wenig glänzend und schwer schmelzbar sind. Ihre Hauptmasse ist Kieselsäure in Verbindung mit Magnesia, in der Regel gefärbt durch Oxyde des Eisens und mit einem bis 13 Proz. betragenden Gehalt an Wasser. Es gehört hierher der fettig anzufühlende Speckstein, der zum Beseitigen von Flecken, als weiches Poliermittel dient, auch zu allerlei Gegenständen geschnitten wird; ihm reihen sich der Seifenstein oder Saponit und der bekannte, zu Pfeifenköpfen verarbeitete Meerschaum an.

Das Bergholz (Holzasbest), aus holzbraunen, faserigen, plattenförmigen Massen bestehend, läßt sich ähnlich zerspalten wie Holz; enthält Kieselsäure, Magnesium und Eisen.

Der Talk (Steatit), $H_2Mg_3(SiO_3)_4$ (hierher gehören auch die Nickel enthaltenden Magnesiumsilikate, Garnierit, $(Ni,Mg)H_2SiO_4$, Nickelgymnit,

die zur Nickelgewinnung dienen), enthält 62 Proz. Kieselsäure und 30 Proz. Magnesium und erscheint meist als Aggregat von undeutlichen Krystallen; H. = 1 bis 1,5, G. = 2,5 bis 2,7. Er fühlt sich glatt und fett an, ähnlich wie Seife oder Talg, woher auch seine Benennung kommt; dabei ist er sehr weich, und weiß oder blaßgrün gefärbt. Er tritt in Gestalt von Talkschiefer als eine eigentümliche Gebirgsart der Alpen und anderwärts auf; eine Abänderung desselben, der Topfstein, der sich schneiden und drehen läßt, dient zur Anfertigung von Geschirren.

Beim Speckstein ist keine krystallinische Struktur mehr wahrzunehmen; von Säuren wird er nicht angegriffen. Der Talk dient zum Maschinenschmieren, als Schminke, zum Glattmachen von Leder (in Handschuhen 2c.), der Speckstein zum Brennen, Entfernen von Flecken u. s. w. (Vorkommen: Göpfersgrün bei Wunsiedel).

Meerschaum (Sepiolith), der Hauptmasse nach $Mg_2Si_3O_8 + 2H_2O$; H. = 2 bis 2,5, G. = 0,98; sehr porös, weiß oder gelblich; wird zu Pfeifenköpfen u. s. w. verarbeitet. Vorkommen: Negroponte, Krim, Kiltschik bei Brussa, Anatolien (Hauptfundort), Neudorf, und Hruschitz (Mähren).

Serpentin, $\left.\begin{matrix}H_2\\Mg_3\end{matrix}\right\}(SiO_4)_2 + H_2O$; Mg zum Teil durch Fe vertreten. Der Serpentin kommt als Gestein in derben Massen von körnigem Bruch und dichtem Gefüge vor, auch öfter in verschiedenen Krystallformen, die sich jedoch als Pseudomorphosen, meist des Olivins, erweisen; er ist dunkelgrün bis schwarzgrün, auch braunrötlich, oft gefleckt und geadert, schwach fettigglänzend; wegen seines grünlichen gefleckten Aussehens, das an die Haut mancher Schlangen erinnert, wird er auch Ophit (von ὄφις = ophis, Schlange) oder Schlangenstein genannt. H. = 3, G. = 2,6; nach dem Polieren fühlt er sich fettig an; vor dem Lötrohre ist er schwer schmelzbar, von Säuren wird er vollkommen zersetzt, wie auch das vorige Mineral.

Der Serpentin bildet ganze Gebirgsmassen, mächtige Stöcke und Lager (Serpentinfels) und ist ziemlich verbreitet. Fundorte sind Reichenstein (Schlesien), Rudolphstein bei Hof (Bayern), Zöblitz (Sachsen), Trebisch (Mähren). Der Serpentin wird zu Reibschalen für Apotheker, zu Säulen, Dosen und vielerlei anderen geschnittenen und gedrehten Utensilien verarbeitet. Die durchscheinenden Varietäten heißen edler Serpentin. Er enthält oft feinfaserige, stengelige Massen von geringer Härte (Reichenstein in Schlesien, Fichtelgebirge), und wird dann Chrysotil oder Serpentinasbest genannt.

6. Gruppe des Olivins und Augits.

Olivin (Peridot), Mg_2SiO_4, das Magnesium ist häufig zum Teil durch Eisen vertreten. Die Krystalle gehören dem rhombischen System an und sind kurz säulenförmig; oft findet er sich eingesprengt in Körnern. Glasglanz; olivengrün; durchsichtig bis durchscheinend; H. = 6,8, G. = 3,4. Vor dem Lötrohre unschmelzbar; durch Säuren wird er langsam zersetzt.

Chrysolith heißen die schön grün gefärbten, durchsichtigen Körner (aus dem Orient und Brasilien); H. = 7; Schmuckstein. Forsterit (Boltonit) fast nur Magnesiumsilikat. Fayalit fast nur Ferrosilikat.

Der Olivin ist sehr häufig in basaltischen Gesteinen; mit augitischen Mineralien gemengt, bildet er den Olivinfels. Er findet sich in vielen Meteorsteinen (so im Chassignit, dem Meteorstein von Chassigny). Ein Umwandlungsprodukt des Olivins ist z. T. der schon zuvor erwähnte Serpentin.

Augite. Diese Minerale haben eine Härte zwischen 4,5 bis 7 und ein spec. Gew. von 2,8 bis 3,5; ihre Farben sind vorherrschend dunkel grün und schwarz; vor dem Lötrohre sind sie schmelzbar. Der Hauptbestandteil ist kieselsaures Calcium, doch wird letzteres in wechselnden Verhältnissen durch Magnesium und Eisen, und in manchen Augiten ein Teil der Kieselsäure durch Thonerde ersetzt. Die Augite bieten interessante Krystallverhältnisse dar und erreichen nicht selten für sich eine massenhafte Verbreitung; zugleich sind sie in vielen gemengten Felsarten enthalten. Die wichtigsten Minerale dieser Familie sind der Augit und die Hornblende, von welcher wieder mehrere Arten mit besonderen Namen vorkommen.

Die Augit-Hornblendemineralien sind für die Gesteinsbildung außerordentlich wichtig und spielen noch bei den Laven eine wichtige Rolle. Sie sind im wesentlichen Magnesia-Kalk-Thonerde-Silikate und stehen mit den Serpentinen in Zusammenhang, auch bilden sie untereinander nahe verwandte Mineralien; bei weiteren Untersuchungen wurden verschiedene Arten neu festgestellt und einige früher als Arten angesehene Mineralien als Abarten erkannt. Folgende Anführung berücksichtigt die wichtigsten Vorkommnisse nach jetziger Einteilung.

Augite:

a) rhombische Augite:

Enstatit, wesentlich $MgSiO_3$;

Bronzit, $(MgFe)SiO_3$, braun, metallglänzend; hierzu Bastit (Schillerspat);

Hypersthen, $FeMgSiO_3$, dunkelgrün, meist pechschwarz;

b) monokline Augite:

Diopsid, $CaMgSi_2O_6$ (Salit, Malakolit, Baikalit), hellfarbig, grau, grün, durchsichtig; hierzu Kokkolit, Funkit;

Diallag (nur eisenreicher);

Augit (mit Thonerdegehalt), $(MgFe)CaSi_2O_6 + (MgFe)(Al_2Fe_2)SiO_6$;

c) trikline Augite, wenig verbreitet, enthalten schwere Metalle und werden auch zu anderen Gruppen gerechnet. Für die Gesteinsbildung sind sie ganz unwesentlich.

Hornblende (Amphibolreihe):

a) rhombische Hornblenden; am wichtigsten:

Anthophyllit, $(MgFe)SiO_3$;

b) monokline Hornblenden:

Tremolit, $CaMg_3Si_4O_{12}$ (Grammatit), } Amianth, Asbest,
Aktinolit, $Ca(FeMg)_3Si_4O_{12}$ (Strahlstein), } Byssolith;

Amphibol, Hornblende mit Thonerdegehalt, $m RSiO_3 + n(R_2)O_3$, worin $R = MgFeCa$, $R_2 = Al_2$; auch Natron und Kali finden sich, sowie Fluor.

Varietät: Pargasit, gemeine Hornblende, basaltische Hornblenden;

c) die triklinen Hornblenden sind unwesentlich.

Der Augit oder Pyroxen, $SiO_3(Ca, Mg, Fe)$, krystallisiert in kurzen, dicksäulenförmigen, dem klinorhombischen System angehörigen Krystallen, Fig. 128, worunter öfter Zwillinge dieser Form, Fig. 129; H. = 5 bis 6,

Fig. 128.

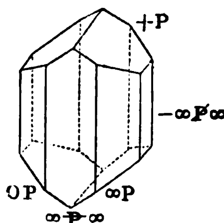
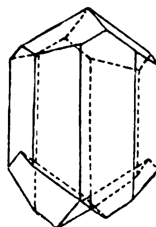


Fig. 129.



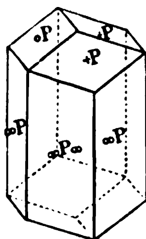
G. = 3,2 bis 3,5; meist undurchsichtig, glasglänzend; zuweilen farblos oder grün, häufiger braun bis schwarz. Die chemische Zusammensetzung der Augite entspricht der allgemeinen Formel: $RSiO_3$. Einige Arten desselben, insbesondere die dunkelfarbigen, enthalten auch Thonerde.

Bronzit und Hypersthen sind Mischungen von Silikaten des Magnesiums und Eisens in verschiedenen Verhältnissen, und zwar ist der Bronzit die magnesiumreichere. Als eine Abänderung desselben gilt der Schillerspat, der eingesprengt in Serpentingesteinen, in Gestalt krystallinischer, bronzeschillernder Flächen sich findet.

Smaragdit und Diallag sind grüne und braungrüne, dem Augit sehr nahe verwandte Minerale. Gemeiner Augit findet sich als Augitfels und als wesentlicher Bestandteil des Basalts, Porphyrs und der Lava. Bei einigen Vulkanen kommen lockere Augitkrystalle vor (Ätna, Kemmrich bei Daun). Kokkolith heißt ein aus körnig krystallinischer, grün gefärbter Masse bestehendes augitartiges Mineral.

Varietäten des Pyroxen: Fassait, basaltischer Augit, gemeiner Augit; Omphacit, Spodium, Jadeit, Akmit schließen sich an.

Fig. 130.



Augitähnliche Mineralien sind ferner der Spodumen (Triphan), $Li, Al_2Si_2O_6$, und Petalit (Castorit), $Li_2Al_2Si_8O_{20}$, beide zeichnen sich aus durch einen Gehalt an Lithium, einem Alkalimetall, dessen Dampf die Flamme prachtvoll purpurrot färbt.

Die Hornblende, auch Amphibol genannt, krystallisiert in Säulen des klinorhombischen Systems, Fig. 130. Ihre Zusammensetzung entspricht der des Pyroxens und es führen auch hier die grünen und schwarzen Hornblendearten Thonerde. Zu diesen gehört die gemeine Hornblende, welche allgemein verbreitet ist, eigene Felsarten, das Hornblendegestein und den Hornblendeschiefer, bildet, sowie wesentlichen Anteil an der Zusammensetzung des Syenits, Diorits u. a. m. hat. Sie dient als Zuschlag auf Eisenhütten und als Zusatz zu ordinärem Bouteillenglas.

Der Grammatit, Tremolit, kommt in meist blaßviolblauen, gestreiften, stengeligen Krystallen eingewachsen vor; der Strahlstein ist ähnlich, von

grüner Farbe. Seiner Zusammensetzung nach läßt sich hier anreihen: der **Nephrit** (Nierstein, Beilstein); H. = 6,5, G. = 3; derb, Bruch splitterig, lauchgrün; er kommt aus Asien (China, Persien), Ägypten und Neuseeland, wird zu Waffen, Geräten und Kunstwerken verarbeitet und ist von besonderem Interesse für die Archäologie, indem sich in alten Gräbern, Pfahlbauten u. a. m. öfter Gegenstände aus Nephrit vorfinden und hierdurch Verkehrsbeziehungen der betreffenden Bevölkerung nach auswärts nachgewiesen werden. Diese prähistorischen Gegenstände (Beile, Messer u. s. w.) waren aus einem Material angefertigt, das **Jade** genannt wird. Es hat sich gezeigt, daß letztere aus noch anderen Mineralien besteht: **Jadeït**, der sich dem **Spodumen**, Li, Al, Si_2O_6, anschließt und die Zusammensetzung $NaAlSi_2O_6$ besitzt, hellgrün (in China noch verarbeitet); **Saussurit**, lichtgrünliches Mineral, dem Feldspat Plagioklas zugehörig, und **Zoisit** (Kalk- und Thonerdesilikat mit Wasser).

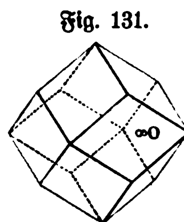
Der **Asbest**, **Amianth** und der **Bergkork** (Bergleder) sind als Arten von Hornblende zu betrachten, die in außerordentlich feinen Nadeln krystallisiert sind. Man vermischt die biegsamsten Arten des Asbests mit Flachs, verfertigt daraus Gespinste und Zeuge, aus welchen nachher der Flachs ausgebrannt wird. Es sind dies die sog. unverbrennlichen Zeuge, deren man sich bei Feuersgefahr bedienen kann. Im Altertume wurden die Leichname der Reichen in solche Zeuge gehüllt und verbrannt, wodurch ihre Asche gesondert blieb.

Die Hornblende-Augitmineralien sind noch dadurch beachtungswert, daß sie einen Hauptbestandteil der nicht irdischen Mineralien (der **Meteorsteine**) ausmachen.

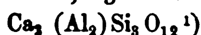
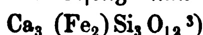
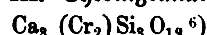
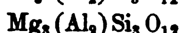
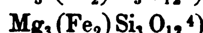
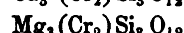
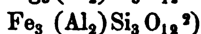
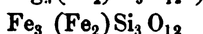
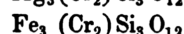
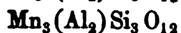
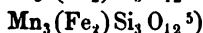
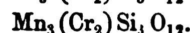
7. Gruppe der Sklerite und Granate.

Das bekannteste Glied dieser Gruppe ist der **Granat**, der in Formen des regulären Systems, besonders in schönen Rhombendodekaedern (Fig. 131), krystallisiert.

Fig. 131.



Eine Übersicht über seine Zusammensetzung, die wie schon S. 66 erörtert, der allgemeinen Formel $SiO_3\overset{II}{R}_3(\overset{VI}{R})$ entspricht, giebt die folgende Tabelle, nach der sich drei Hauptgruppen von Granaten unterscheiden lassen, mit wechselnden, einander vertretenden metallischen Bestandteilen, die aber in ihren physikalischen Eigenschaften ziemlich übereinstimmen, vergl. oben S. 35:

I. Thongranat.	II. Eisengranat.	III. Chromgranat.
 $Ca_3(Al_2)Si_3O_{12}$ [1]	 $Ca_3(Fe_2)Si_3O_{12}$ [3]	 $Ca_3(Cr_2)Si_3O_{12}$ [6]
 $Mg_3(Al_2)Si_3O_{12}$	 $Mg_3(Fe_2)Si_3O_{12}$ [4]	 $Mg_3(Cr_2)Si_3O_{12}$
 $Fe_3(Al_2)Si_3O_{12}$ [2]	 $Fe_3(Fe_2)Si_3O_{12}$	 $Fe_3(Cr_2)Si_3O_{12}$
 $Mn_3(Al_2)Si_3O_{12}$	 $Mn_3(Fe_2)Si_3O_{12}$ [5]	 $Mn_3(Cr_2)Si_3O_{12}$.

Die Granate sind unvollkommen spaltbar, haben muscheligen Bruch; H. = 6,5 bis 7,5, G. = 3,5 bis 4,2; sind meistens undurchsichtig und kommen

[1]) Hessonit, Kaneelstein, Grossular, Erlan. — [2]) Almandin. — [3]) Aplom, Melanit, Andradit, Topazolith. — [4]) Pyrop (Kelyphit). — [5]) Spessartin. — [6]) Uwarowit.

in allen Farben vor, in der Regel eingewachsen in den krystallinischen Gebirgsarten, wie Granit, Gneis, Glimmerschiefer u. a. m. Von Säuren wird der Granat nicht angegriffen.

Eine besondere Art des Granats ist der Pyrop, Magnesiumaluminiumgranat, der in undeutlichen Hexaedern von prachtvoller Purpurfarbe vorkommt, daher am meisten geschätzt und zu Schmuckwerk sehr beliebt ist. Der größte Teil dieser im Handel befindlichen Granaten kam aus Böhmen, aus der Gegend von Kulm.

Als besondere Varietäten mögen noch angeführt werden:

a) Edler Granat oder Almandin (Eisenaluminiumgranat), ist dunkelkirschrot, durchsichtig oder durchscheinend.

b) Kaneelstein (Calciumaluminiumgranat), ist honiggelb bis hyacinthrot, und der ihm ähnlich zusammengesetzte Grossular gelb, spargelgrün bis grasgrün.

c) Uwarowit, ein smaragdgrüner, chromhaltiger Granat (Ural).

d) Gemeiner Granat (Calciumeisengranat), ist verschieden gefärbt, rot, braun, gelb, durchscheinend bis undurchsichtig, findet sich krystallisiert und derb ziemlich häufig. Die schwarze Abänderung des gemeinen Granats wird Melanit genannt.

Der Granat ist sehr verbreitet und findet sich in Granit, Glimmerschiefer, Chloritschiefer, Serpentin, körnigem Kalk ꝛc. eingewachsen und lose im aufgeschwemmten Sande zu Silberberg bei Bodenmais und an verschiedenen Orten in Sachsen, Tyrol, Böhmen Ungarn ꝛc.

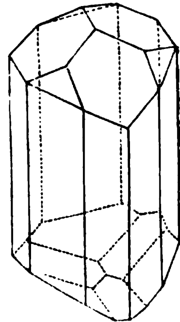
Der durchsichtige edle Granat und Kaneelstein werden als Edelsteine benutzt. Die schönsten Granaten, die sog. syrischen, kommen aus dem Orient, Ceylon und Indien. Der Pyrop, welcher sich hauptsächlich an einigen Orten Böhmens (s. oben) findet, wird geschliffen, mit dem Diamant durchbohrt und auf Schnüre gefaßt als Schmuckstein unter dem Namen böhmischer Granat in den Handel gebracht, die kleineren Körner dienen in den Laboratorien zum Tarieren und zum Filtrieren der Säuren.

Den Granaten schließen sich an Minerale, die zum Teil von ausgezeichneter krystallinischer Ausbildung, meist nicht in Massen erscheinen und gewerblich nicht verarbeitet werden. Ihre Härte ist beträchtlich, = 5 bis 7,5, ihr G. = 2,6 bis 4,3. Kieselsäure, Thonerde und Kalk herrschen vor, doch gesellen sich hierzu so mannigfaltige vertretende Bestandteile, daß die Aufstellung der chemischen Formeln oft sehr erschwert und öfters unmöglich wird. Meistens sind sie gefärbt, vor dem Lötrohre schmelzbar, und geben mit Borax ein grünes Glas.

Von den hierher gehörigen Mineralien ist der Turmalin, auch Schörl genannt, H. = 7, G. = 3,1, hervorzuheben. Er krystallisiert in sehr verwickelten Formen, die vom hexagonalen System (rhomboedrisch hemimorph) abgeleitet werden und von denen Fig. 132 eine darstellt; die Krystalle sind oft der Länge nach gestreift. Auch kommt er in derben Massen und von stengeligem Gefüge vor; mit Quarz als Turmalinfels. Man unterscheidet eine Gruppe der gelben, braunen und schwarzen Turmaline (letztere sind

am häufigsten), auch rote und blaue kommen vor (Rubellit, Indigolit), welche nur bis 34 Proz. Thonerde und viel Eisenoxydul enthalten, und eine Gruppe der farblosen, hellgrauen und roten Turmaline, die bis 44 Proz. Thonerde und fast kein Eisen enthalten. Außer Kieselsäure und Thonerde, als Hauptbestandteile, hat man in den Turmalinen noch Borsäure, Magnesium, Eisen, Calcium, Kalium, Natrium, Lithium, Mangan, etwas Fluor und gegen 2 Proz. Wasser aufgefunden. Seine Zusammensetzung ist also äußerst kompliziert, und es ist wahrscheinlich, daß er aus einer Reihe isomorpher Verbindungen besteht. Man kann Li-, Mg- und Fe-Turmalin unterscheiden. Besonders merkwürdig ist, daß ein Turmalinkrystall, wenn man ihn erwärmt, an dem einen Ende positiv und am anderen negativ elektrisch (polarelektrisch) wird; er ist pyroelektrisch (Aschenzieher). Man verwendet die durchsichtigen Turmaline in dünnen Platten zu optischen Versuchen, z. B. in der Turmalinzange für polarisiertes (in einer Ebene schwingendes) Licht, vergl. S. 47.

Fig. 132.



Dem Turmalin ähnlich ist der Datolith, $H_2Ca_2B_2Si_2O_{10}$, also stark borhaltig, von dem ausgezeichnet schöne Krystalle des monoklinen Systems in New-Jersey vorkommen.

Ihm steht der schon früher erwähnte Gadolinit, $Fe_2Be_2Y_2Si_2O_{10}$, nahe, der zu den yttriumhaltigen Mineralien gehört, und der Euklas, $H_2Be_2Al_2Si_2O_{10}$, der auch als Edelstein Verwendung findet.

Von dem Staurolith sei bemerkt, daß seine rhombischen Krystalle öfter zu einem sehr regelmäßigen Kreuz (Fig. 133) verwachsen sind. Seine Zusammensetzung ist auch sehr kompliziert, $H_2R_3(Al_2)_6Si_6O_{34}$, worin $R = 3Fe + 1Mg$.

Der Andalusit, $(Al_2)SiO_5$, bildet rhombische Säulen; H. = 7,5, G. = 3,1 bis 3,2; ist unschmelzbar und meistens fleischrot gefärbt. Gleiche Zusammensetzung haben der Chiastolith und der Disthen; ersterer wird auch Chi-Stein genannt, weil durch ein eigentümliches Verwachsen von je vier seiner Krystalle auf deren Querschnitt eine dem griechischen Buchstaben Chi (*X*) ähnliche Zeichnung (Fig. 134) entsteht. Der Disthen krystallisiert in triklinen Säulen, kommt ungefärbt und in verschiedenen Farben, jedoch meist blau gefärbt, vor, heißt daher auch Cyanit (von κυάνεος = kyaneos, dunkelblau), und findet sich häufig eingewachsen in Glimmerschiefer und Quarz. Schön blau gefärbte Cyanite werden als Schmucksteine verwendet.

Fig. 133.

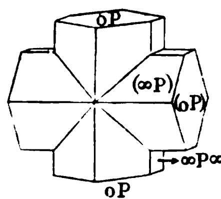
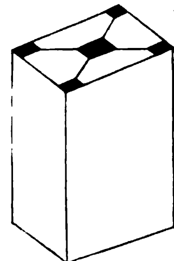


Fig. 134.



Andere bemerkenswerte Minerale dieser Familie sind der Wernerit, Axinit, Idokras und der grüne Epidot, wegen seiner Färbung auch Pistazit (von πιστάκια = pistakia, Pistazie) genannt.

Wernerit (Skapolith), tetragonal, schließt sich dem Feldspat an (Aluminiumcalciumsilikat). — Passauit, in derben Massen bei Passau. Durch Zersetzung liefert er eine Porzellanerde.

Axinit (triklin) ist ein Silikat, das Calcium, Eisen, Mangan, Magnesium enthält und durch seine Krystallformen ausgezeichnet ist.

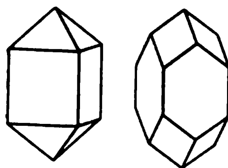
Idokras (Vesuvian), tetragonal, ein sehr kompliziertes Silikat, Ca, Al, Fe, K, Na enthaltend; gewöhnlich von grüner Farbe.

Epidot (Pistazit), $Ca_4(R_2)_3H_2SiO_{26}$ ($R_2 = Al_2, Fe_2$), rhombisch, lang säulenförmig; ihm ist der schon früher erwähnte Zoisit verwandt.

Die letzteren Mineralien kommen auch oft als Bestandteile von Silikatgesteinen vor.

Zirkon oder Hyacinth, $ZrSiO_4$ ($= ZrO_2 + SiO_2$), kann als ein Zirkonsilikat, aber auch als eine dem Spinell (vergl. S. 89) entsprechende Verbindung betrachtet werden, krystallisiert in quadratischen Säulen, welche durch eine Pyramide derselben oder zweiter Ordnung zugespitzt sind; H. = 7,5, G. = 4,3; gewöhnlich braun oder rot (hyacinthrot) gefärbt, seltener wasserhell. Vorkommen: Pfitsch, Tirol — Laacher See; ziemlich häufig auf Ceylon. Als Edelstein verwendet, häufig aber auch zu Zapfenlagern in Uhren, wozu die härtesten Mineralien (rubis, Rubine) genommen werden.

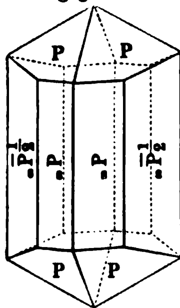
Fig. 135.



Gruppe der Edelsteine.

Die Minerale dieser Familie haben eine Härte von 7,5 bis 8,5 und ein spec. Gew. von 2,8 bis 4,6; sie sind durchsichtig, meistens schön gefärbt, schwierig oder gar nicht schmelzbar uud werden von Säuren nicht angegriffen. Dieselben bestehen aus Verbindungen der Kieselsäure mit den Erdmetallen.

Fig. 136.



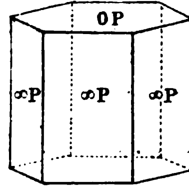
Topas, $5(Al_2)SiO_5 + Al_2SiF_{10}$, kieselsaures Aluminium mit Fluorgehalt, krystallisiert in Formen des rhombischen Systems (Fig. 136); H. = 8, G. = 3,5; vorherrschende Farbe gelb oder rosenrot; findet sich in Sachsen, Böhmen, am Ural, Brasilien (Villarica). Am Schneckenstein bei Altenberg in Sachsen kommt er mit Turmalin und Quarz als Topasfels vor.

Beryll, $Be_3Al_2Si_6O_{18}$, kieselsaures Aluminium-Beryllium, bildet hexagonale Säulen (Fig. 137); H. = 7 bis 8, G. = 2,7. Er kommt farblos vor, meistens gefärbt, gelblichbläulich. Die durch Chromoxyd schön grün gefärbten Varietäten bilden den Smaragd (Heubachthal bei Salzburg, Sibirien); der durchsichtige, meergrüne, bläuliche oder farblose Beryll (edler Beryll) heißt auch Aquamarin. Beides sind geschätzte Edelsteine. Der gemeine Beryll zeigt bisweilen abnorm große Krystalle, 1,5 m lang; Grafton, Connecticut und Marimac-Altai. Der Beryll verwittert bisweilen, entsprechend wie der Feldspat. — Der Chrysoberyll, vgl. S. 90 (Cymophan,

Alexandrit), $Be(Al_2)O_4$, ein ebenfalls geschätzter Edelstein (rhombisch), gehört zu den Oxyden und schließt sich dem Spinell an.

Auch viele der Oxyde gehören zu den Edelsteinen; Korund (Saphir, Rubin), Spinell; verschiedene Varietäten des Quarzes, Rosenquarz, Carneol, Achat, Chrysopras, auch Halbedelsteine genannt, und vor allem der edle Opal und der Diamant.

Fig. 137.



Die Edelsteine sind ausgezeichnet durch ihren Glanz, ihr Farbenspiel, ihre Härte, ihre Farbe, ihre Unveränderlichkeit an der Luft. Es ist gelungen, sie künstlich herzustellen in derselben Zusammensetzung, wie sie die Natur bietet; Nachahmungen werden vielfach aus Glassätzen mit färbenden Metalloxyden angefertigt (die sogen. Straßer Steine).

Anhang: Meteorite, Meteorsteine.

Die einzigen Mineralien fremder Himmelskörper, welche auf unsere Erde gelangen, sind die Meteorsteine. Die Sternschnuppen und Feuerkugeln, kleine, im Weltraume in unserem Sonnensystem sich bewegende Körper, nähern sich der Erde bisweilen so, daß ihre ursprüngliche Geschwindigkeit (ca. 4 Meilen in der Sekunde) überwunden wird durch die anziehende Kraft der Erde. Sie zerspringen explosionsartig, worauf Bruchstücke, die mehr oder weniger durch die hohe Temperatur umgeändert sein können, auf die Erde fallen (Steinregen). Die Bruchstücke haben ein sehr verschiedenartiges Aussehen, sind oft mit einer Schmelzrinde (schwarz) überzogen und auch mit fingerartigen (piezoglyptischen) Eindrücken versehen. Die Masse der Meteoriten, wie diese Bruchstücke sowohl, wie auch die Körper, aus denen sie entstehen (was besser zu beseitigen wäre), genannt werden, ist nicht sehr bedeutend (der Meteorstein von Knyahinya, vergl. Fig. 97, S. 71, ist mit einem Gewichte von 280 kg einer der schwersten); sie enthalten kein Element, das nicht auch auf der Erde vorkäme, und geben so einen Beweis, daß der Stoff der Himmelskörper überall aus den nämlichen Elementen besteht, wie dies auch die Spektraluntersuchungen gezeigt haben. Ein Teil der Meteorsteine enthält Mineralien, die sich nicht auf der Erde vorfinden, einige enthalten auch Gase (Wasserstoff, Kohlenwasserstoffe, Kohlensäure und Kohlenoxyd) eingeschlossen. Manche Meteorite enthalten auch Kohlenstoff verschiedener Modifikationen. Die Meteorsteine werden meist ihren Fundorten nach benannt; sie haben eine sehr verschiedenartige Beschaffenheit und die steinartigen unter ihnen schließen sich dem Augit und Olivin sehr gut an. Man kann sie einteilen in:

Holosideren (Meteoreisen ohne jede Steinmasse); vergl. oben S. 69;
Syssideren (Eisen mit Steineinschlüssen);
Sporasideren (steinige Grundmasse mit Eiseneinschlüssen);
Asideren (Steinmeteorite ohne viel Eisen).

Von den letzteren sind besonders die Chondriten wichtig, die Körner in einer mehr oder weniger gleichmäßigen Grundmasse eingeschlossen enthalten (Meteorstein von Waconda, Chantonnay 2c.); die Struktur ist krystallinisch, Farbe hellgrau bis schwarz, mit grünlichen Nuancen.

Außer verschiedenen Mineralien, die auf der Erde nicht vorkommen [namentlich besondere Eisenverbindungen: Schreibersit, FeNiP, Chromit, $(FeCr)_3O_4$], finden sich die bereits beschriebenen Mineralien: Olivin (der Meteorit von Chassigny: Chassignit besteht nur aus Olivin); auch in vielen Meteoreisen (z. B. dem Pallaseisen[1]) findet sich Olivin eingesprengt. Im Meteorit von Bishopville, Chladnit genannt, findet sich reines Magnesiumsilikat, $MgSiO_3$ (Enstatit, Shepardit); auch Augit, Bronzit, Anorthit, Diopsid und Peridot finden sich in verschiedenen Gemischen, die man mit besonderen Namen belegt hat, z. B. Augit und Anorthit: Eukrit, Olivin und Bronzit: Chalkit.

Über die Beziehung der Meteorite (Meteorsteine) zu den Himmelskörpern vergl. man den dritten Teil des Buches der Natur: Astronomie.

10. Klasse: Organische Verbindungen.

Organogene Mineralien; Inflammabilien (brennbare Mineralien).

Alle zu dieser Gruppe oder Klasse gehörenden Mineralien sind entweder aus zu Grunde gegangenen, allmählich umgeänderten Organismen entstanden oder aus früheren Wirkungen derselben hervorgegangen. Die tierischen Organismen haben nur wenig dabei mitgewirkt, bei ihnen sind es Absonderungen unorganischer Salze, namentlich des Calciumkarbonats, und unorganische Schutzhüllen aus Calciumkarbonat oder wasserhaltiger Kieselsäure, welche mineral- und zugleich gesteinsbildend gewirkt haben (Korallenkalk, Kreide, Tripel, Kieselgur), vergl. Petrographie.

Die hierher gehörigen Mineralien können eingeteilt werden: 1. in organische Salze, 2. Steinöle und Erdharz, und 3. in Kohlen. Sie kommen nicht krystallisiert vor (nur die Salze zeigen Krystalle) und ihre Zusammensetzung ist je nach den Fundorten und der mehr oder weniger vorgeschrittenen Veränderung eine sehr verschiedene.

1. Gruppe der organischen Salze.

In dieser kleinen Gruppe begegnen wir dem Oxalit oder Humboldtin, $2FeOC_2O_3 + 3H_2O$, der aus oxalsaurem Eisenoxydul besteht, und dem Honigstein (Mellit), $Al_2C_{12}O_{12} + 18H_2O$, der die Verbindung von Thonerde mit einer eigenen, aus Kohlenstoff und Sauerstoff bestehenden Säure ist, die nach dem Mineral Honigsteinsäure (Mellitsäure) genannt wird und sich in der Braunkohle findet (in Groß Almerode). Der Honigstein selbst hat seinen Namen von seiner honiggelben Farbe und krystallisiert in durchsichtigen, quadratischen Oktaedern. Beim Erhitzen schwärzt sich der Honigstein, verkohlt und hinterläßt nach dem Glühen weiße Thonerde. Beide Minerale sind selten und ohne technische Bedeutung.

2. Gruppe der Erdharze und Erdöle.

Es gehören hierher teils feste, teils flüssige Körper, welche nach Entstehung, Charakter und Zusammensetzung den Harzen und flüchtigen Ölen sich

[1]) Diese große Eisenmasse wurde 1749 im Gouvernement Jenisseisk von Pallas gefunden.

anreihen, die als Produkte aus der Zersetzung von Pflanzenstoffen hervorgehen. Sie finden sich in den jüngeren Bildungen der Erdrinde.

Der **Bernstein** oder **Succinit**, ein fossiles Harz, das hauptsächlich in den Braunkohlenbildungen vorkommt, und zwar meistens mit Braunkohle zugleich, besteht aus unregelmäßigen, stumpfeckigen oder rundlichen Stücken und Körnern, öfter von tropfsteinartiger, traubiger Bildung; der Bruch muschelig, die Farbe honiggelb, braun; durchsichtig bis durchscheinend. H. = 2 bis 2,5, G. = 1; nimmt gerieben einen angenehmen Geruch an und wird negativ elektrisch. In heißem Weingeist ist der Bernstein größtenteils löslich; er schmilzt bei 287° C., verbrennt mit heller Flamme und angenehmem Geruch und Hinterlassung eines kohligen Rückstandes. Er besteht aus 80 Proz. Kohlenstoff, 10 Proz. Wasserstoff und 10 Proz. Sauerstoff, entsprechend der Formel: $C_{10}H_{16}O$ (auch $C_{40}H_{64}O_4$). Die größere Menge desselben findet man lose am Meeresufer, von den Wellen ausgeworfen, oder mehr oder weniger entfernt vom Strande, in Sand und Lehm, und das Fischen und Graben des Bernsteins wird besonders an der Ostküste Preußens, von Danzig bis Memel, Hauptfundort Samland und im Kurischen Haff, wo er durch Baggern gewonnen wird, lebhaft betrieben (z. B. früher im Monopol von der Firma Stantien und Becker). Häufig trifft man Stücke von Bernstein, an welchem noch Holz- oder Rindenstücke sitzen, auch schließt er mitunter Insekten ein, sowie Nadeln und Zapfen, welche keinen Zweifel lassen, daß er von einer untergegangenen Art der Fichte abstammt. Er wird zu den verschiedensten Schmuckgegenständen angewendet und verarbeitet. Aus Bruchstücken durch Pressung hergestellter Bernstein heißt Ambroid.

Unter den Namen **Retinit**, **fossiler Copal**, **elastisches Erdpech**, **Elaterit**, **Bergtalg** oder **Scheererit**, **Idrialit** und **Erdwachs** oder **Ozokerit** begreift man eine Reihe teils harz-, teils wachsartiger Körper, die der Hauptsache nach Kohlenwasserstoffe mit mehr oder weniger erdiger Beimengung sind. Am wichtigsten ist der in der Moldau (Stanik), sowie zu Boryslaw in Galizien, in beträchtlicher Menge vorkommende **Ozokerit**, Erdwachs, von grüngelblicher Farbe, biegsam und knetbar, brennbar; er wird zur Darstellung von Paraffin benutzt.

Das **Erdöl**, auch **Steinöl**, **Petroleum** oder **Naphtha** genannt, ist wasserhell, gelb, braun bis dickflüssig-schwarz; G. = 0,7 bis 0,9. Es riecht eigentümlich, bituminös, ist flüchtig, leicht entzündlich und verbrennt mit stark rußender Flamme; unlöslich in Wasser, wenig löslich in Weingeist, leicht löslich in Äther. Seine Bestandteile sind Kohlenstoff (bis 88 Proz.) und Wasserstoff in schwankenden Verhältnissen, da es ein Gemenge verschiedener Öle von der Formel C_nH_{n+2} ist. Das Steinöl ist wahrscheinlich ein natürliches Destillationsprodukt aus der Steinkohle und durchdringt verschiedene Gesteine, oder quillt für sich oder auf Wasser schwimmend mit diesem aus der Erde. Unerschöpflich scheinende Quellen von Steinöl sind in Amerika (Pennsylvanien, Oildistrict) entdeckt und in Ausbeute genommen worden, so daß dessen Verbrauch über die ganze Erde sich verbreitet hat. Das Petroleum tritt dort in der älteren Gebirgsbildung in einem 5 bis 6 Meilen breiten Distrikte auf, der durch Kanada und Pennsylvanien über einige Breitengrade

sich erstreckt. An manchen Stellen, wie z. B. im sog. Oil-Creek in Pennsylvanien, wurden Hunderte von Steinölquellen erbohrt, deren einige, besonders im Anfange, ungeheure Mengen von Öl, bis zu 1500 Faß täglich, lieferten. Das rohe Öl wird gereinigt (raffiniert) und in verschiedenen Sorten in den Handel gebracht.

Seitdem hat man auch anderwärts den Steinöldistrikten mehr Aufmerksamkeit zugewendet und den Betrieb der Ölgewinnung gesteigert. Von diesen sind die seit ältester Zeit bekannten Ölquellen von Baku am Kaspischen Meere am bedeutendsten, fast den amerikanischen gleich kommend, sodann die in Galizien, zwischen Krakau und Lemberg (Boryslaw). Die Vorkommnisse von Lobsann im Elsaß, Navarin in Griechenland, Soria in Spanien, in den Apenninen und in Hannover sind ganz untergeordnet.

Der Asphalt oder Bitumen, Judenpech, Bergteer, bildet pechschwarze, glänzende Massen von rundlicher, oft tropfsteinartiger Gestalt und muscheligem Bruch; H. = 2, G. = 1,07 bis 1,02. Geruch eigentümlich, bituminös. Erweicht beim Erwärmen, schmilzt bei Siedehitze und verbrennt mit starkem Rauch und geringem Rückstande. Findet sich vorzüglich reichlich am Ufer des Toten Meeres und auf der Insel Trinidad, ferner bei Lobsann im Elsaß, und hat vielfache technische Verwendung, auch kommen ähnliche Gemische als Imprägnation vor (Asphaltkalke bei Limmer, Hannover).

3. Gruppe der Kohlen.

Anthracit, aus derben Massen von muscheligem Bruch bestehend; H. = 1 bis 2,5, G. = 1,4 bis 1,7; graulichschwarz, verbrennt mit Hinterlassung von wenig Asche. Findet sich in Lagern, mitunter von bedeutender Mächtigkeit, in den älteren Gebirgsbildungen, wie z. B. in Sachsen, am Harz. Wird mit starkem Gebläse oder Zug bei größeren Feuerarbeiten benutzt, namentlich in England (Wales).

Schwarzkohle oder Steinkohle, von derber Masse, schieferig, faserig, dicht oder erdig; Bruch muschelig, uneben, selten eben; Farbe schwarz, glänzend, schimmernd bis matt; H. = 2 bis 2,5, G. = 1,15 bis 1,5. Vor dem Lötrohre mit bituminösem Geruch und Hinterlassung von Asche verbrennend. Die Schwarzkohle enthält bis gegen 90 Proz. Kohlenstoff, außerdem Sauerstoff, Wasserstoff, Stickstoff in wechselnden Verhältnissen; ferner mineralische Beimengungen bis zu 20 Proz., worunter namentlich Eisenkies, — sie erscheinen dann bunt angelaufen und gelb gesprenkelt. Durch Verwitterung desselben entstehen (wie in Zwickau geschehen) Entzündungen der Steinkohle. Dieselbe unterscheidet sich von der nachstehend aufgeführten Braunkohle, indem sie der Kalilauge keine braune Färbung erteilt; auch läßt sie nur selten ihre pflanzliche Abkunft leicht erkennen.

In Rücksicht der verschiedenen Absonderung unterscheidet man: Schieferkohle (Blätterkohle), derb mit blätterigem oder schieferigem Gefüge, oft bunt angelaufen; Grobkohle, dickschieferig, auf dem Bruche uneben, grobkörnig; Faserkohle, faserig, der Holzkohle ähnlich, besonders ausgezeichnet bei Kusel in Rheinbayern vorkommend; Kännelkohle (Candle-coal), dicht, mit groß-

muscheligem Bruch und schwachem Fettglanz; Pechkohle oder Gagat, leicht zersprengbar, von unvollkommen muscheligem Bruche, starkem Fettglanze und pechschwarzer Farbe, daher als solche häufig verwendet, auch zu kleinen Schmucksachen (Jet) verarbeitet; Rußkohle, erdig, zerreiblich, stark abfärbend. Außerdem unterscheidet man nach ihrer Verwendbarkeit in den Gewerben noch viele Kohlensorten. Die als beste Gaskohle verwendete Bogheadkohle ist ein bituminöser Schiefer und enthält über 9 Proz. Wasserstoff.

Vorgenannte Kohlenarten finden sich meist in verschiedenen Schichten derselben Kohlenlager, öfter wechselnd und mannigfaltige Übergänge ineinander bildend; Vorkommen und Verbreitung derselben werden im geologischen Teile ausgeführt. Anwendung: zur Heizung, Darstellung von Leuchtgas (Verkokung): man unterscheidet dabei je nach ihren Eigenschaften Back-, Sinter-, Sandkohlen ꝛc. (vergl. Chemie).

Braunkohle oder Lignit. Die Braunkohle zeigt meistens eine holzartige, ihrem Ursprunge entsprechende Bildung, kommt auch blätterig, dicht und erdig, mit muscheligem Bruch vor; H. = 1 bis 2,5, G. = 0,5 bis 1,7. Ihre Farbe geht von Schwarz, Braun bis Gelblichbraun; Strich braun; giebt, mit Kalilauge behandelt, eine braune Lösung; verbrennt mit brenzlichem Geruch und mehr oder weniger Aschenrückstand. Der Kohlenstoffgehalt der Braunkohle geht bis 70, höchstens 80 Proz., mit wechselnden Mengen von Sauerstoff und Wasserstoff. Arten derselben sind: Bituminöses Holz oder fossiles Holz, mit ganz erhaltener Holzstruktur; gemeine Braunkohle, teilweise holzartig, teilweise derb, besonders häufig mit Überresten von Blättern, Samen, Früchten, in der Wetterau (Hessen) vorkommend; Moorkohle, derbe, eckig zerklüftete Masse; Papierkohle, aus papierdünnen Blättern bestehend, kommt bei Bonn mit Abdrücken von Fischen und Blättern vor und wird zur Paraffinfabrikation benutzt; Pechkohle, kohlenschwarze, derbe geborstene Masse, der Steinkohle ähnlich und selten Holzgefüge erkennen lassend, durch Druck und die Einwirkung basaltischer Durchbrüche aus gemeiner Braunkohle entstanden, wie am Meißner in Hessen; Erdkohle, staubartig erdig, zerreiblich, hellbraun bis schwärzlich, zum Teil als kölnische Erde oder Umbra zu Farbe verwendet; Alaunerde, auch Alaunschiefer, Kohlenschiefer und Alaunerz genannt, aus erdiger und grobschieferiger, derber Masse bestehend, viel Eisenkies und Thonerde führend, und daher zur Fabrikation von Vitriol und Alaun dienend, z. B. in Buchsweiler (Elsaß). Für Norddeutschland sind besonders wichtig die böhmischen Braunkohlen (Duxer Becken) und die Nachterstedter Kohlen (bei Aschersleben). Die Braunkohle ist in kleineren Lagern über ganz Norddeutschland verbreitet.

Viele minderwertige Braunkohlen finden als Brennmaterialien ausgezeichnete Anwendung, indem sie zu Brikets[1]) verarbeitet werden (Senftenberger Becken).

Das Vorkommen der Kohlen, die für die Existenz des Menschengeschlechtes von der größten Wichtigkeit sind, wird in der Geologie ebenfalls kurz erwähnt werden. Die Kohlenbildung, die dann eintritt, wenn pflanzliche Stoffe unter

[1]) Auch aus Steinkohlenabfällen werden Brikets hergestellt.

beschränktem Luftzutritt mit erdigen Massen bedeckt, also unter bedeutendem Druck, allmählich sich zersetzen, geht jetzt noch weiter vor sich. Auf dem Mississippidelta findet das langsame Verkohlen von Holz wie in den Kohlenflözen noch statt, auch im Torf können wir die Bildung von kohligen Massen beobachten.

Übersicht über die mittlere Zusammensetzung in Prozenten:

	Holz	Torf	Braunkohlen	Steinkohlen	Anthracit
Kohlenstoff . . .	50	60	70	82	94
Wasserstoff . . .	6	6	5	5	3
Stickstoff	43	32	24	12	3
Sauerstoff	1	3	1	1	Spur

Außerdem sind oft weniger oder mehr beträchtliche Mengen von Aschenbestandteilen vorhanden.

Über die Bildung der Braunkohlen und Steinkohlen vergleiche man auch den ersten Teil vom Buch der Natur, „Paläontologie", S. 374 ff.

Zusammenfassungen.

I. Mineralgeographie
(Verbreitung der Mineralien).

Während die Pflanzen durch Klima und Bodenbeschaffenheit, die Tiere durch Klima und Vegetation, abgesehen von anderen nebensächlichen Bedingungen, in ihrer Verbreitung wesentlich beeinflußt sind, so daß zwei besondere Zweige der Geographie: Pflanzen- und Tiergeographie, sich selbständig ausbilden mußten, ist die Verbreitung der Mineralien von allen diesen Bedingungen unabhängig. Nur die Umänderungen der Mineralien, die wir als Verwitterung bezeichnen, sind durch Einflüsse der Atmosphäre und ihrer Bestandteile (Atmosphärilien) und des Wassers bedingt. In trockenen, regenlosen Gegenden, in feuchten, durchtränkten Schichten der Bergwerke müssen jene mechanischen und chemischen Prozesse andere sein, doch ist diese Verschiedenheit der Verwitterung nicht derartig, daß man klimatische Zonen unterscheiden könnte; von diesen soll hier nicht die Rede sein. Aber schon bei der Beschreibung der einzelnen Mineralarten ist hervorgetreten, daß einzelne Fundorte und Vorkommnisse besonders häufig genannt werden, so Nagyag in Siebenbürgen, Schemnitz und Neusohl in Ungarn, Przibram in Böhmen, Andreasberg am Harz, Freiberg in Sachsen, sowie die übrigen Bergstädte des Erzgebirges, während bei den auswärtigen und namentlich außereuropäischen Vorkommnissen nur die Länder, in denen die Mineralien gefunden wurden, genannt wurden, Peru, Chile, Kalifornien, da die Einzelorte zu wenig bekannt sind; manche Länder sind für die Produktion an Mineralien ganz unwesentlich, so Uruguay und Venezuela, Ecuador, Kolumbien, während Chile durch seine Kupfererze, Peru durch seine Silbererze ausgezeichnet ist. Freilich kann sich dies noch ändern in dem Grade, als die einzelnen Länder mineralogisch mehr erschlossen werden. Die Fundorte des Goldes in Südafrika, Westaustralien und am Yukon z. B. sind erst seit kurzer Zeit bekannt.

Viele Mineralien sind dagegen, das können wir schon aus dem bisherigen Vorkommen schließen, nur an vereinzelte Orte gebunden, — die Gründe dafür sind uns nicht bekannt; so ist die Hauptfundstätte für die Tellurverbindungen (Sylvanit, Nagyagit) Siebenbürgen, bei Nagyag und Offenbanya; neben dem Vorkommen der seltenen Verbindungen findet sich im siebenbürgischen Erzgebirge (Aranyosthal) noch eine große Zahl interessanter Mineralien. Der Tinkal (Borax) hat sich in einzelnen Seen Tibets, Kaliforniens und Nevadas (Columbus Marsh) und auch sonst vereinzelt vorgefunden, und die Borsäure ist

in ihrer Verbreitung ebenfalls sehr beschränkt; ähnlich ist es mit den Mineralien der seltenen Elemente: Yttrium (Yttrotantalit) 2c., die fast nur auf Schweden (Ytterby) beschränkt sind. Manche Vorkommnisse werden nach und nach erschöpft, so im Erzgebirge die Silbererze, die Antimongruben von Wolfsberg im Harz, doch entsteht, so sehr dies auch wirtschaftlich für die betreffenden Gegenden (vergl. Bergbau) von Nachteil ist, dadurch, daß eine Gegend aus der Reihe der Fundorte mehr und mehr austritt, für die Gesamtheit zunächst kein Nachteil. Augenblicklich sind soviel Länder noch vorhanden, die nutzbare Mineralien liefern können, daß bisher immer Ersatz geschafft werden konnte. Auch werden die Nachteile dadurch herabgemindert, daß man mehr und mehr lernt, die einzelnen Mineralien vorteilhafter zu verarbeiten.

Eine Mineralgeographie hier aufzustellen, ist nicht erforderlich; wenn man die gegebenen Mineralien mit ihren Fundorten vergleicht, wird man schon einen Überblick bekommen. Man verfährt gewöhnlich so, daß man die politischen Gebiete zu Grunde legt, die freilich an und für sich mit dem Mineralvorkommen gar nichts zu thun haben, und danach die Mineralien zusammenstellt. Einen nationalökonomischen Gesichtspunkt zeigt dies Verfahren insofern, als das Vorkommen bestimmter Mineralien bei der Entwicklung der Industrie nach bestimmten Richtungen hin mitgewirkt hat. Eisenerze und Kohlen sind ausschlaggebend. Die Zinkerze haben in Oberschlesien eine eigene Industrie bedingt; Smalte (vergl. Chemie) wird fast nur noch in Blaufarbenwerken Sachsens hergestellt, da dort noch der Hauptfundort für Kobalterze ist. — In Gegenden, wo die Mineralien selbst nicht nutzbar gemacht werden können, lohnt es sich vielfach, sie zur Verarbeitung nach anderen Ländern zu schaffen (Kupfererze aus Chile, Chromeisenstein nach England), oder man sucht einer einmal ansässigen Industrie das Material aus anderen Ländern zu verschaffen. So verarbeiten die Steinschleifereien (Achatschleifereien) von Oberstein an der Nahe nicht mehr einheimische Knollen, sondern Steine brasilianischen Ursprunges.

Wenn nun für die Industrie gewisse Mineralien besondere Wichtigkeit haben, so ändern sich auch hierin die Verhältnisse. Die Mineralien Monacit 2c. hatten früher nur wissenschaftliches Interesse, jetzt sind diese thor- und cerhaltigen Mineralien für das Auerlicht von großer Wichtigkeit. Die Fundorte in Nordamerika haben das erforderliche Material geliefert; der Umstand indes, daß das alte Material zum Teil wieder benutzt werden kann, vermindert den Neuverbrauch.

Der geographischen Abgrenzung nach ist das Königreich Sachsen das mineralreichste Gebiet des Deutschen Reiches, sowohl der Zahl der Arten, als der Verwertbarkeit der Mineralien nach, sodann Hessen-Nassau, während die Rheinprovinz und Westfalen dem Königreich Sachsen an industriell verwertbaren Mineralien (Kohlen) fast gleich kommen; aber auch in den einzelnen politischen Gebieten finden sich fast immer Centren: Annaberg, Joachimsthal, Andreasberg, Goslar, Clausthal, Zellerfeld; oder in Norwegen: Kongsberg, Röraas; Schweden: Falun, Sala, Dannemora. Die Zukunft wird in Beziehung auf Mineralienvorkommen und Entdeckung neuer Arten noch manches Neue bringen, denn der größte Teil der Erde (Polargebiete,

das Innere von Asien und Afrika) sind nur wenig durchforscht, so daß die Mineralgeographie gleichzeitig mit an den Fortschritt der wissenschaftlichen Geographie gebunden ist. Ein Werk über die Topographie der Mineralien würde dies klar hervortreten lassen, wenn nach dem Überblick über die Verbreitung der einzelnen Mineralien ein weiterer über die Vorkommnisse in den einzelnen Gebirgen hinzugefügt würde, wie er sich über den Harz, das Erzgebirge, böhmischen und bayerischen Wald u. s. w. schon hier geben ließe. Deutlich würde dabei hervortreten, wie manche Gebirge verhältnismäßig erzarm sind (Vogelsgebirge, die eigentlichen Wesergebirge, Riesengebirge), während andere, wie die zuerst genannten, einen großen Mineralreichtum aufzuweisen haben.

II. Technische Verwendung der Mineralien (Technologie).

Aus den kurzen Andeutungen über Mineralgeographie geht schon hervor, daß die technische Verwendung hier wie für alle Naturprodukte von der größten Wichtigkeit ist. Die Verwertung und der dadurch erzielte Gewinn sind es, welche der wissenschaftlichen Forschung auch hier eine Stütze gegeben haben, und der Nutzen, das Streben nach Gewinn, nicht der ideale Zweck der Forschung, hat uns die Tiefen der Erde erschlossen. Freilich sollten erstere nie den letzteren in den Hintergrund drängen, denn die großen Fortschritte der Neuzeit auf allen Gebieten der Technik, der praktischen Verwertung der von der Natur gelieferten Rohprodukte, sind nur auf Grund der Fortschritte der Wissenschaft möglich gewesen. Die technische Verwertung der Rohprodukte kann eine mechanische sein: direkte Verarbeitung (Polieren, Schleifen, Formen, Zerkleinern, Pressen; mechanische Technologie), und eine solche, bei welcher die Rohprodukte dem Stoffe nach geändert werden: es werden Körper aus ihnen abgeschieden (Metalle aus den Erzen), die dann mechanisch weiter verarbeitet werden (Metalle durch Hämmern, Walzen, Gießen, Drahtziehen), oder es werden ganz neue Stoffe aus den Körpern oder mit Hülfe derselben dargestellt (Chlor mit Braunstein und Salzsäure, Darstellung von Glas), oder es werden durch besondere Zusätze nur geringfügige Umwandlungen der Naturkörper bewirkt (Porzellan); alle diese Verfahren gehören der chemischen Technologie im weiteren Sinne an, die auch die Gewinnung und Verarbeitung der Metalle in sich schließt; dieser Abschnitt ist die Metallurgie. Daß die einzelnen Teile der Technologie oft ineinander übergreifen, ist naturgemäß.

Die Technologie behandelt auch die Verwertung der organischen Welt, der Tier- und Pflanzenstoffe, so daß man die organische Technologie abgetrennt hat, die ebenfalls in mechanische (Weberei, Spinnerei) und chemische (Darstellung der Teerfarbstoffe, der Nitroprodukte, Schießbaumwolle u. s. w.) zerfällt. In der Chemie ist soviel wie möglich auf Technik und Industrie Rücksicht genommen; an dieser Stelle kann über die Methoden der Technik gar nicht gesprochen werden, so interessant auch eine allgemein verständliche, wissenschaftliche, kurze Darstellung der Gebiete der heutigen gesamten Technik sein mag, — es können vielmehr nur die mineralischen Körper angeführt werden,

welche eine besondere Verwertung gefunden haben, und zwar unter Beschränkung auf die einfachen Mineralien. Die Verwendung der Gesteine (vorzüglich zum Hoch- und Wegebau) wird in entsprechender Weise eine kurze Darstellung erfahren.

Es ist klar, daß die ganze unorganische Technik (Verarbeitung unorganischer Stoffe) ihr Rohmaterial den Mineralien und Gesteinen entnehmen muß. Andeutungen über Verwertung der Mineralien finden sich schon bei der Beschreibung der einzelnen Arten; hier soll nur eine kurze Zusammenfassung über Verwertung derselben den besonderen Zwecken nach gegeben werden.

Man könnte auch in einzelnen Fällen die Körper zum Ausgangspunkte der Darlegung zu machen, z. B. beim Steinsalz (Kochsalz) sämtliche Verwertungen und Industrieen (einschließlich derjenigen, welche die Abraumsalze benutzen) anführen, wie dies für die technologischen Handbücher geschieht, wo im Anschluß an Kochsalz, Borax, Schwefel, Wasser die betreffenden Industrieen, Soda, Chlor ꝛc. besprochen werden, oder auch die Industrieen zum Mittelpunkte der Gruppierung machen: Kalk, Mörtel, Cement, Glas, Explosivstoffe und Sprengstoffe, Thonwaren (Keramik); für die kurzen Hinweise, die hier gegeben werden, diene folgende Anordnung:

1. Mineralien, die zur Gewinnung der Metalle dienen. (Gediegene Metalle, Erze, aus Klasse I, II und III).
2. Mineralien, die als Schmuck- und Luxussteine verwendet werden.
3. Mineralien, die als Ausgangsprodukte für einzelne Industrieen dienen oder bei denselben mit verwertet werden, oder mit erforderlich sind, oder die direkt Anwendung finden.
4. Mineralien und Gesteine für ornamentale Zwecke.
5. Mineralien, welche für die Prähistorie von Wichtigkeit sind oder zum praktischen Gebrauch dienen (Farben ꝛc.).

Eine scharfe Grenze läßt sich auch hier nicht ziehen, da die einzelnen Mineralien sowohl für den einen als anderen Zweck gebraucht werden. Es handelt sich also nur um die Hauptverwendung. Daß auch Gesteine einzelnen der obigen Zwecke dienen, wird die entsprechende Darstellung bei der Gesteinslehre zeigen. Die Verwendung der Kohlen soll nicht berücksichtigt werden, soweit sie zur Wärmeerzeugung dienen, denn sie sind als wichtigstes Brenn- und Heizmaterial das Haupterfordernis für jede Industrie; Beleuchtungs- und Heizungsindustrie sind also nicht eingeschlossen.

Vollständigkeit in den Ausführungen kann weder hier noch in den übrigen Teilen des Werkes Zweck der Darstellung sein, da die Technologie der Mineralien und Gesteine, bei der die Verarbeitung und Verwertung mit berücksichtigt werden müßten, besondere umfangreiche Werke erfordert.

1. Mineralien und Gesteine, welche zur Gewinnung der Metalle dienen [1]).

Gold. Das meiste Gold wird aus dem gediegenen Golde gewonnen, namentlich aus dem goldführenden Quarz. Als Golderze sind die siebenbürgischen Erze: Sylvanit, Nagyagit u. s. w. zu nennen. Gold ist vielen

[1]) Betreffs der Einzelmineralien vergleiche man die Beschreibungen.

Schwefel- und Kupferkiesen beigemengt, auch wird es aus dem Silber, das oft goldhaltig ist, wie z. B. die Münzen früherer Zeit, gewonnen (Scheideanstalten, elektrolytische Gewinnung).

Platin, besonders zu Gerätschaften für chemische Prozesse (Schwefelsäurefabrikation) angewendet, in Rußland früher zu Münzen, wird aus den Platinerzen, die sich in Seifen (vgl. S. 73) finden, gewonnen, namentlich am Ural (Nischne Tagilsk, Miask). Die Seifen enthalten Gold, Chrom- und Magneteisenstein, Zirkon u. s. w. Das Muttergestein ist wohl Serpentin und Quarz gewesen. Die Platinerze enthalten die Platinmetalle Osmium, Iridium, Rhodium, Palladium, Ruthenium, die jetzt zum Teil auch technische Verwertung gefunden haben; Platin-Iridium für Maßstäbe, Platinspiegel.

Silber. Silbererze: Gediegen Silber, Amalgam, Antimonsilber, Schwefelsilber, Glaserz (Ag_2S), die Gültigerze, Fahlerze, Melanglanz, Miargyrit, Hornsilber (Kerat). Eine große Menge Silber wird aus silberhaltigem Bleiglanz gewonnen, auch Zinkblende und Kupferkies kommen häufig mit Silbererzen vor; Gangart: Quarz, Kalkspat. Das meiste Silber produzieren die Vereinigten Staaten, in denen daher auch das Streben für Silberwährung sehr stark ist; auch Deutschland produziert ziemlich viel Silber. Besondere Fundorte für Silber und seine Erze: Mexiko, Zacatecas, Guanajuato, Kalifornien, Pasco, Peru.

Viele Länder, die im Altertume reich an Silber waren, wie Spanien, Thrakien, haben jetzt eine sehr geringe Silberproduktion; die Minen sind erschöpft.

Quecksilber. Haupterze: Zinnober, Merkurblende (Ziegelerz, Quecksilberlebererz, Korallenerz); Almaden (Spanien), Idria (Krain), Neu-Almaden (Kalifornien).

Kupfer. Erze: Gediegen Kupfer (Lake Superior), Kupfersand (Südamerika, Cabarilla genannt), Kupferglanz, Kupferkies und kupferhaltiger Eisenkies, Buntkupferkies, Rotkupfererz, Malachit, Kupferlasur, Kupferschiefer, manche Hüttenprodukte (Bleistein); sehr verbreitet.

Zinn. Das einzige Zinnerz, das in großer Menge vorkommt, ist der Zinnstein (Zinnseifen, Bergzinn in Gängen und im Gestein, zusammen mit vielen anderen Mineralien, wie Arsen-, Kupfer-, Eisenkies, Blende rc., die die Reindarstellung schwierig machen); Erzgebirge, Cornwall, Banka, Malakka.

Blei. Das wichtigste Bleierz ist der Bleiglanz, dem gegenüber die übrigen Erze: Weiß-, Grün- und Braunbleierz (Pyromorphit), die Bleispießglanze, Zinckenit ($PbSb_2S_4$), dann Bournonit und Jamesonit ($Pb_2Sb_2S_5$) zurücktreten. Die oxydischen Verbindungen sind Umwandlungsprodukte des Bleiglanzes, der sich auch unter den Hüttenprodukten in Sublimationen findet (würfelförmig). Der Bleiglanz kommt mit anderen Erzen (Kupferkies, Blende) vergesellschaftet vor; Oberharz: Feinerz in Klüften, Bleiberg in Kärnten. Sehr reich an Bleierz ist die Bleiglanzregion am oberen Mississippi und unteren Missouri (St. Louis), auch Spanien ist reich daran (Sierra Nevada). Interessant ist, daß es auch als Bindemittel in einzelnen Sandsteinen vorkommt (Buntsandstein von Commern). Der rohe Bleiglanz wird auch als Alquifoux zur Töpferglasur und als Streusand benutzt.

Zink und Kadmium. Das hauptsächlichste Zinkerz ist der Galmei (edler Galmei, Zinkspat, Zinkblüte, Kieselgalmei) und die Blende; untergeordnet ist der Willemit (Zn_2SiO_4). Franklinit und Rotzinkerz (Zinkoxyd mit Manganoxyd) haben nur für Amerika Bedeutung (New-Jersey, Franklin, Stirling und Sparta). Für Deutschland ist die Zinkgewinnung an die Gegend von Aachen (Altenberg) und Oberschlesien (Tarnowitz) gebunden. In den Blenden Oberschlesiens wurde auch das Kadmium gefunden; in der Blende von Pierrefitte (Pyrenäen) das Gallium. Eigentliche Kadmiumerze sind sehr selten (Greenockit, CdS).

Eisen. Da das Eisen von allen Metallen das nützlichste und am meisten verwendete ist (Schmiedeeisen, Stahl, Gußstahl, Gußeisen), so ist das Vorkommen der Eisenerze für alle Länder von großer Bedeutung. Eigentliche Eisenerze sind: Spateisenstein, Magneteisenstein, Rot- und Brauneisenstein, wozu auch die Bohnerze, Minette und Rasenerze gehören, mit ihren verschiedenen Varietäten. Bisweilen wird das Eisen auch aus gerösteten Kiesen (Magnetkies, Eisenkies) gewonnen, die bei anderen Fabrikationen erhalten werden. England hat hierin den größten Reichtum, auch Schweden produziert viel gutes Eisen; einzelne sonstige Produktionscentren sind: der Harz, wo die Produktion stets abnimmt, Siegen, Westfalen, Steiermark: Eisenerz; das südliche Wales, Schottland, Dannemora u. a. m.

Kobalt und Nickel. Die Kobalterze, Speiskobalt und Glanzkobalt, die sich namentlich im Erzgebirge finden, werden nicht sowohl auf das Metall verhüttet, als auch für die Fabrikation der Kobaltfarben benutzt (Smalte, Kobaltblau, Kobaltgelb, salpetrigsaures Kobaltoxyd-Kali; Benutzung zu blauen Gläsern und Email).

Die hauptsächlichsten Nickelerze sind: Rotnickelkies ($NiAs$), Weißnickelkies ($NiAs_2$), Nickelkies (NiS), Antimon- und Arsennickelglanz $\left(Ni{<}{}^{Sb}_{As}{>}S\right)$ und einige Silikate, wie Garnierit ($NiMgSiO_3 + H_2O$); auch einige Kiese, wie Schwefel- und Magnetkies, werden auf Nickel bearbeitet. Die Gewinnung des Metalles ist sehr umständlich. Die Produktion hat sich sehr gesteigert, da die Anwendung zu Legierung, zu Überzügen (das Nickel hält sich sehr gut an der Luft) bedeutend zugenommen hat (Elektrotechnik). Kanada und Neu-Kaledonien sind am reichsten an Nickel.

Mangan. Mit diesem Namen werden häufig die oxydischen Erze des Mangans belegt, die oft auch den gemeinschaftlichen Namen Braunstein (vergl. auch S. 87) führen: Braunit, Manganit, Pyrolusit, Hausmannit, Psilomelan, Wad u. s. w. Das Mangan wird besonders für Legierungen verwendet: Ferromangan, Kupfermangan; auch dienen die Manganerze zur Chlorbereitung und finden in der Glasfabrikation Verwendung. Die Manganerze kommen auf Gängen und Lagern vor; Ilmenau, Ilfeld am Harz, Siegen, Limburg, Johanngeorgenstadt.

Aluminium. Die Aluminiumgewinnung hat erst in neuester Zeit großen Umfang angenommen (Neuhausen am Rheinfall, Schweiz). Die Hauptgewinnung ist elektrolytisch; man schmilzt und zerlegt Thonerde, Al_2O_3, in einem elektrischen Ofen mit dem Strome. Als Ausgangspunkte dienen das

Beauxit, Aluminiumhydroxyd und Kryolith, auch reine Thone lassen sich verwenden. Hauptfundort des ersteren ist Beaux bei Arles, des letzteren Südgrönland (Evigtok).

Arsen und Antimon. Die hauptsächlichsten Arsenerze sind: Gediegen Arsen, Arsenkies, Arseneisen und andere arsenhaltige Verbindungen des Eisens; Nickel, Kobalt. Sie enthalten oft Silbererze. Zweck der Verwendung: Gewinnung von arseniger Säure (Arsenik) und Herstellung der Arsenfarben. Hauptsitz der Arsenhütten: Freiberg in Sachsen. Das wichtigste Antimonerz ist der Spießglanz, Grauspießglanz (Glanzerz), Antimonblende, Rohantimon, (Antimonium crudum). Das Antimonoxyd (Valentinit) kommt in großer Menge in Algier vor. Der Spießglanz findet sich: Freiberg, Neudorf am Harz, Fichtelgebirge, Goldkronach, Arnsberg in Westfalen, Schemnitz, Kremnitz, Felsöbanya; auch auf der Insel Shikoku (Japan) findet sich das Erz.

Wismut. Haupterz: Gediegen Wismut. Das Wismut wird fast ausschließlich in Sachsen (Erzgebirge) gewonnen.

2. Mineralien und Gesteine, die als Edel-, Schmuck- und Luxussteine verwendet werden.

Alle die Mineralien, welche eine große Härte besitzen (Sklerite), sich an der Luft nicht verändern und überhaupt äußeren Einflüssen nicht unterliegen, überdies ein schönes Aussehen besitzen oder erhalten (Glanz, Farbenspiel), können als Edel- und Schmucksteine verwendet werden. Ohne Schliff und Form (Schnitt) sind fast alle diese „Steine“ unscheinbar, sie sind mit Überzügen versehen, die Oberfläche ist unscheinbar und ihre Form direkt nicht verwertbar. Der Wert der Steine ist sehr verschieden und hängt nicht nur davon ab, ob der Stein selten, schön bearbeitet ist, und seine wertvollen Eigenschaften in höherem oder geringerem Grade ausgebildet sind, sondern auch von den socialen Verhältnissen, wie z. B. zur Zeit der französischen Revolution, wo die Edelsteine zeitweise fast wertlos geworden waren; auch jetzt sind unter Berücksichtigung des augenblicklichen Geldwertes die Steine nicht so hoch geschätzt und so kostbar, wie früher. Eine scharfe Grenze zwischen den oben angeführten Gruppen läßt sich nicht ziehen; viele Schmucksteine werden auch zu Luxusgegenständen verwendet, wenn sie in großen zusammenhängenden Stücken vorkommen, so der Malachit, der zu kostbaren Tischen und Vasen Verwendung gefunden hat, ebenso der Jaspis; vielfach werden auch Gesteine zu Luxusgegenständen verarbeitet (Labradorfeldspat, Eisenkiesel rc.).

Man unterscheidet wohl Edelsteine und Halb-Edelsteine, denen die Schmucksteine zum Teil mit zuzuzählen sind. Als Ganz-Edelsteine werden bezeichnet:

1. Diamant in seinem verschiedenen Vorkommen.

2. Korund: Rubin (rot), orientalischer Smaragd (bläulichgrün, Ceylon), Saphir, Amethystsaphir, orientalischer Aquamarin, Hyacinth, Topassaphir, Leukosaphir, Sternsaphir (Asterin), orientalischer Girasol (Sonnenstein). Die meisten dieser Edelsteine stammen aus Ceylon.

3. Beryll (Smaragd, grün, Neu-Granada, Santa Fé de Bogota, Takowaja, Ural): Aquamarin (bläulich), edler Beryll.

4. Chrysoberyll (Chrysolith bei den Juwelieren).

5. Topas (die schönsten aus Brasilien, Minas Geraes).

6. Der edle Opal und Hydrophan.

7. Zirkon (Hyacinth).

8. Spinell.

9. u. 10. Der Granat mit seinen Abarten: Almandin oder edler Granat, orientalischer Granat, syrische Granaten, Cap-Rubine — Pyrop (böhmischer Granat) — Kaneelstein (gelb), Demantoid (gemeiner Granat).

Wie in vielen Gewerken (Bergbetrieb, Hüttenbetrieb, Mühlenbetrieb, Buchdruckerei) sich besondere Bezeichnungen ausgebildet haben, so auch in dem Juwelierbetriebe. Für die Steine, wie für die Art der Bearbeitung durch Werkzeuge und die für den Handel gebräuchlichen Formen ist eine besondere Sprache entstanden, die besonders bei dem kostbarsten Edelstein, dem Diamant, sich ausgebildet hat: Brillanten, Brillanetten, Halbbrillanten, Rosetten — Tafelsteine, Dicksteine, Treppenstein — quadriert, oval, facettiert — mugeliger Schnitt (einfach gewölbte Steine), Gemmen mit tiefgeschnittenen Figuren (Intaglien) oder erhabenen (Kameen). Die kostbareren Steine pflegt man auch orientalische, die weniger geschätzten occidentalische zu nennen, ohne dabei auf den Fundort Rücksicht zu nehmen. Hierzu treten dann noch die Bezeichnungen für die Fassung.

Als Halb-Edelsteine und Schmucksteine mögen zuerst genannt werden die Quarzvarietäten:

Bergkrystall, Citrin, Rauchtopas, Morion — Rheinkiesel, Rheindiamanten, Zobeltitzer Diamanten — Stolberger Diamanten (vollständig ausgebildete hexagonale Pyramiden im Porphyr des Auerberges bei Stolberg am Harz) — Katzenauge, Tigerauge, Falkenauge — Amethyst, Avanturin, Prasem (grün), Siderit oder Saphirquarz und die innigen Gemenge von opalartiger, wasserhaltiger und wasserfreier Kieselsäure:

Chalcedon, Onyx, Sardonyx, Karneol, Plasma, Heliotrop, Chrysopras, Mokkastein, Jaspis, Achat mit seinen Varietäten (Festungs-, Band-, Wolken- ꝛc. Achat, Kaschelon-, Kalmückenachat).

Feldspate (Mondstein, Labrador, Amazonenstein, Adular). Auch Hauyn, Lavasorten, Obsidian, Vesuvian, Andalusit, Cordiërit (Luchssaphir) gehören hierher. Geschätzt ist auch der Lasurstein (Lapis lazuli), Diopsid u. s. w. Als Luxus und Schmucksteine werden ferner verwendet: Flußspat mit den verschiedenen Abarten, Malachit, Alabaster mit seinen Varietäten, die auch wie viele Halb-Edelsteine zu Gegenständen (Vasen u. s. w.) verarbeitet werden.

Auch einige Varietäten der Steinkohle, Gagat (schwarzer Bernstein, Agatstein) und Jet (Kannelkohle), auch künstlich aus Gummi gefertigt, gehören hierher, und ebenso müßten Bernstein und Meerschaum hierher gezählt werden; ebenso die Magnesiasilikate, namentlich der Serpentin, Ophit, der viel zu Ornamenten und Gefäßen verarbeitet wird, der Agalmatolith (Bildstein) und der Rhodonit (Mangankiesel). Eine Beschreibung der Fundorte und der Verwendung kann hier ebensowenig wie bei dem folgenden

Anhange der Technologie der Mineralien gegeben werden. (Man vergl. im übrigen die Einzelbeschreibungen und das in der Chemie gebotene Material.)

3. Mineralien, die als Ausgangspunkte für einzelne Industrieen dienen oder dabei verwendet werden (Feldspat), oder direkt Anwendung finden.

Wie schon erwähnt, müssen ja die Mineralien und Gesteine den Ausgangspunkt für alle Anwendungen unorganischer Körper bilden. Nur einige Produkte von Organismen oder in denselben enthaltene unorganische Körper, die meist mit organischen Stoffen vermengt sind, finden für die Herstellung unorganischer Körper Verwendung: Knochen (für Phosphorgewinnung), Pflanzenaschen (früher in ausgedehnter Weise für Pottasche, Soda, Kelp für Jodgewinnung), Muschelschalen (Kalkbrennen), wie dies aus dem chemischen Teile (vergl. diesen) hervorgeht. Alle Verwendungen aufzuzählen, würde Aufgabe der Technologie der Mineralkörper sein; deshalb in aphoristischer Form nur einzelne Beispiele, die zum Teil auch in den Specialbeschreibungen berührt sind. Das Vorkommen wird hier nicht angegeben.

Schwefel: Schwefelsäure, schweflige Säure, Herstellung von Schwefelmetallen, Pulverfabrikation, Schwefelmilch, Schwefelblumen (gegen Traubenkrankheit).

Graphit: Bleistiftfabrikation, Anstrich für feuerfeste Tiegel, Anstrich von Eisengegenständen, um sie gegen Rost zu schützen, Graphit als Schmiermittel, um die Reibung zu vermindern.

Feldspat für Glas- und Porzellanfabrikation.

Kaolin für Porzellanfabrikation, ebenso bilden die Thone die Grundlage der ganzen Keramik (aller Thonwaren).

Flußspat als Zusatz bei metallurgischen Betrieben (Schlackenbildung).

Speckstein für Brenner und verschiedene Gerätschaften.

Talk als Streupulver zur Verminderung der Reibung.

Strontianit, Cölestin, Witherit zur Entzuckerung der Melasse. Die Melasse ist ein dickflüssiger, schwarzbrauner Rückstand der Rübenzuckerfabrikation, aus dem man früher den darin enthaltenen Zucker nicht gewinnen konnte. Man stellt aus den Strontianmineralien Strontianhydrat dar und fällt damit aus der Melasse den Zucker; letzterer (Saccharum) giebt damit eine Verbindung $C_{12}H_{22}O_{11} 2 SrO$, Strontiumsaccharat, aus dem der Zucker abgeschieden werden kann. Es geschieht dies in besonderen Fabriken.

Apatit und Phosphorit finden zum Mineraldünger Verwendung (hierzu dient auch Gips). Anhydrit (in Amerika in New-Jersey) dient ebenfalls dazu, auch der Glaukonit (Grünerde), alkalihaltiges Eisen-Thonerdesilikat, ebenso Natronsalpeter und Kalisalze. Polierschiefer, Tripel, Bergmehl, Infusorienerde, Kieselgur (Kieselsäure und Wasser), die im wesentlichen aus den Kieselpanzern der Diatomeen hervorgegangen sind, dienen zum Polieren und Schleifen, ebenso Smirgel (Korund); als schlechte Wärmeleiter dienen die ersteren als Wärmeschutz, wie die Kieselgur; diese wird auch als Zusatz beim

Dynamit, und nach dem Brennen mit etwas Thon zur Herstellung poröser, schwimmender Ziegel (Fabronische Ziegel) gebraucht.

Die Fabrikationen, die sich auf Anwendung des Kochsalzes gründen, sind äußerst zahlreich; nicht nur direkt verwendet, sondern auch in Soda übergeführt, ist es dem Menschen unentbehrlich geworden (Seife, Glas). Die Verwendung der Abraumsalze (vergl. S. 96) hat neue Industrieen hervorgerufen. Kalisalpeter und Pottasche, Bittersalz und Kalidünger werden daraus erhalten. Nicht minder ausgebreitet sind die Anwendungen des Calcits als Kalkstein (Mörtel), während die als Wassermörtel, hydraulischer Mörtel und Cement bezeichneten Produkte geglühte Kalk-Thonerde-Silikate sind, die mit Wasser erhärten (Traß, Duck- und Tuffstein, Puzzolane, thonhaltige Kalke und kalkhaltige Thone). Aber auch sonst hat der Kalkstein in seinen Abarten die verschiedenartigste Anwendung gefunden (lithographischer Schiefer, Solenhofer Kalkstein). — Als Mineralfarben dienen Graphit, Baryt, Kreide, Bolus, Ocker, Umbraerde, Braunkohle (Kasseler Braun), Grünerde vom Monte Baldo und Cypern, und das früher kostbare Ultramarin.

Alunit (Alaunstein und Alaunerde) dient zur Alaunfabrikation (römischer Alaun), der Asbest [1]) für feuerfeste Gewebe, Seile, Pappe, Dichtungen und zur Herstellung von Platinasbest für Schwefelsäurefiltrierung, da sie auch von Säuren nicht angegriffen werden. Der Glimmer als Marienglas (der Name wurde auch früher für Glimmer angewendet) ersetzte das Glas. Bergkrystall, Kalkspat (Doppelspat) und Turmalin geben uns wichtige optische Instrumente. Der Gips giebt nach dem schwachen Erhitzen (das Wasser, $2 H_2O$, entweicht, vergl. S. 105) ein weißes Pulver, das mit Wasser angerührt, erhärtet (Verwendung zu Abgüssen, Stuck, Fußböden, Estrich).

Diese Ausführungen werden genügen, um die Vielseitigkeit der Verwendung der mineralischen Körper zu zeigen.

4. Mineralien und Gesteine für ornamentale Zwecke.

Diese Mineralien und Gesteine berühren sich unmittelbar mit den in der folgenden Gruppe angeführten. Auf jedem Kirchhofe können wir an den Grabsteinen und Monumenten die Verwendung der verschiedenen Gesteine (man vergl. Geologie, Abschnitt: Petrographie) sehen: Granit, Syenit, Labrador, Serpentin, Marmor in verschiedenen Varietäten, Sandstein in verschiedenen Vorkommnissen; und eine Wanderung durch unser Vaterland und die Betrachtung der Denkmäler und Kirchen giebt uns sofort den Hinweis auf die zur Verwendung kommenden Gesteine. So wird man in jeder Stadt, in jeder Gegend Gelegenheit haben, die natürlichen unorganischen Körper verschiedener anderer Gegenden kennen zu lernen.

In unserer norddeutschen Tiefebene bieten die in zahlloser Menge vorkommenden Findlinge der verschiedensten Größe (besonders groß ist der Mark-

[1]) Der im Handel vorkommende Asbest gehört entweder dem Tremolit (vergl. S. 125, Hornblende: Tremolitasbest) oder dem Serpentin (vergl. S. 122, Chrysotilasbest) an; ersterer findet sich vielfach in den Alpen (Veltlin, Sondrio), während der letztere hauptsächlich aus Nordamerika gebracht wird (Baltimore, Kanada).

grafenstein in den Rauenschen Bergen; aus einem derselben ist die große Granitschale vor dem alten Museum in Berlin angefertigt) ein Material für die Gesteinskunde der nordischen Gegenden dar, wie es kaum schöner gedacht werden kann. Die Anhäufungen der Chausseesteine geben ebenfalls reichliches Material. Überall wird man frische Bruchflächen zu erhalten suchen, da alle Gesteine und Mineralien der Verwitterung ausgesetzt sind und an der Oberfläche bald unscheinbar werden (Verwitterung, vergl. den betr. Abschnitt in der Geologie). Auch die härtesten, festesten Gesteine unterliegen den Wirkungen der Luft, dem Zerfallen und der allmählichen Zerstörung.

5. Mineralien und Gesteine für den praktischen Gebrauch.

Bezüglich der Gesteine, welche in der Vergangenheit (Prähistorie) und Gegenwart für den Hochbau, für unsere monumentalen Gebäude, und den Tiefbau, für Pflasterung der Straßen und den Brückenbau verwendet werden, können nur einige Andeutungen gemacht werden. Abgesehen von den Anforderungen, welchen das Gestein genügen muß (Widerstandsfähigkeit gegen mechanische und atmosphärische Einflüsse), spielt dabei der Kostenpunkt eine sehr bedeutende Rolle, der durch die Transportkosten, welche oft den Gewinnungskosten gleich kommen, mit bedingt ist. Gegenden, die manche Gesteine sehr wohlfeil haben können, werden diese trotz mancher Nachteile bevorzugen. So wird am Rhein vielfach Basalt als Pflastermaterial gebraucht, der sich wegen seiner Glätte sonst nicht empfiehlt, seiner Härte wegen aber sehr geschätzt wird.

Auch für den Hochbau richtet sich das Material vielfach nach der Gegend. In Norddeutschland, wo anstehende Gesteine sehr wenig vorhanden sind, herrscht überall der künstliche Baustein (Backstein, Ziegelstein, geformter und gebrannter Thon oder Lehm) vor und wird selbst zu monumentalen Bauten verwendet (Kirchen); sonst sind es Sand- und Kalksteine, die gewöhnlich dazu gebraucht werden. Für den Straßen- und Hafenbau dienen die verschiedenartigsten Gesteine, für die Landstraßen in unregelmäßigen, kleinen Bruchstücken, für die Stadtstraßen regelmäßig bearbeitet; sie werden hier vielfach durch anderes Material, Asphalt, Erdpech (aus Sicilien, Neuenburg, Val Travers), ersetzt. Ausgezeichnetes, sehr widerstandsfähiges Material liefern der Granit (Bornholm, Schweden) und auch Diabas, Diorit (Grünstein). Viele der Materialien werden nach dem Gewinnungs- resp. Fundorte genannt: Mittendorfer Sandstein, Schlesischer, Rübeländer Marmor, Bornholmer Granit.

Die erste und ursprünglichste Verwendung haben die Gesteine als Waffen gefunden. Unverarbeitet zum Wurf und zur Schleuder noch in historischer Zeit, verarbeitet zu Pfeil- und Lanzenspitzen bei vielen Völkern, ehe diese die Metalle verwenden lernten; auch in Europa, wo wir aus der prähistorischen Zeit eine große Anzahl von Funden kennen, wurden viele Gesteine zu Werkzeugen, Hammer, Beil, Keil, Messer, die auch als Waffen benutzt wurden, verwendet. Diese Geräte bilden die ersten Spuren der menschlichen Kultur in Europa (Steinzeit). Die meisten dieser Geräte sind aus dem weit verbreiteten Feuerstein oder Flint und dem Nephrit (Beilstein, Punamustein), Kalk-Magnesiasilikat, gefertigt, der sich dem Amphibol und Jadeït (Jade),

letzterer durch seinen Natrongehalt vom vorigen sich unterscheidend, und dem Spodumen (Lithium-Thonerdesilikat) anschließt. Da nun diese letzteren Gesteine in Europa in den Gegenden, wo die betreffenden Werkzeuge gefunden wurden (Pfahlbauten in der Schweiz), gar nicht vorkommen, muß schon damals ein Verkehr der Menschen stattgefunden haben; Jade und Nephrit werden in Asien heute noch benutzt (Turkestan, Tibet, China).

Auch Granit, Diorit und andere Gesteine, sowie Horn, Knochen, letztere für Pfeilspitzen, wurden zu jener Zeit, der Steinzeit, gebraucht, aus der neben den Waffen auch noch Gefäße aus Thon in den alten Grabstätten und Urnenfeldern erhalten sind.

III. Art des Vorkommens der Mineralien, insbesondere der Erze.

Schon bei der Beschreibung der einzelnen Arten mußten wiederholt bei Anführung des Vorkommens Angaben über die Art und Weise, wie die Mineralien vorkommen, gemacht werden (z. B. Gold, S. 73). Hierbei spielt zunächst die Art und Weise der größeren Absonderungen eine Rolle. Die Krystalle haben sich oft dicht in Hohlräumen aneinander gehäuft, so daß nur die eine Hälfte der Krystalle zur Ausbildung gekommen ist, während die nicht ausgebildeten Teile auf gemeinsamer Unterlage ruhen, die Krystalldrusen, wie sie besonders schön beim Bergkrystall (S. 91) vorkommen und am St. Gotthard sich in so wunderschöner Weise (Krystallhöhlen) und von außerordentlicher Größe finden. Auch Baryt, Bleiglanz, Flußspat, Zinkblende u. a. m. bilden ausgezeichnete Drusen. Die Basisfläche kann horizontal, unregelmäßig oder gekrümmt und schalig sein; wenn die Unterlage einen vollständigen kugelförmigen Raum bildet, nennt man die Druse „Geode". Sehr häufig sind die Drusen auch in den Erzgängen (vergl. unten). Ihnen sehr nahe stehen die Knollen und Mandeln (Achatmandeln, Knollen von Schwefelkies), auch das Vorkommen in Überzügen und Krusten, Schalen, Bändern, Decken, Anflügen, die auch krystallinisch sein können, gehört hierher. Andere Arten der Aggregationen (Zusammenhäufungen) sind an und für sich verständlich. Bisweilen haben sich die Krystalloide kugelförmig geordnet (Erbsenstein, oolithisch, pisolithisch), dann wieder bilden die Aggregationen herabhängende oder emporwachsende Zapfen, wie der Kalkspat im Tropfstein (Stalaktiten, Stalagmiten), oder die Gestalten sind baumförmig, zackig (Eisenblüte, Abart des Aragonits im Erzberg bei Eisenerz in Steiermark), ästig, haar- und drahtförmig (gediegen Silber). Gruppieren sich mehrere oder viele Kugelabschnitte über- oder nebeneinander, so erhält man traubige, nierenförmige Gestalten (Roteisenstein, Glaskopfstruktur); durch Wiederholung der Schalenbildung kann gerad- und krummschalige Struktur entstehen.

Die amorphen Mineralien, die keine Spur von ausgebildeten Krystallen zeigen, und die kryptokrystallinischen können doch bestimmte Lagen und Absonderungsflächen zeigen. Manche gleichen einer erstarrten Flüssigkeit oder Gallert (Opalvarietäten), andere bilden Krusten, Zapfen, Tropfen und traubige Gestalten, wie manche Sinter, Kalk- und Kieselsinter, Kalktuffe (Duckstein).

So entsteht eine Mannigfaltigkeit und Verschiedenheit der Gestaltung, die dem Mineralreiche einen Formenreichtum verleiht, der dem Tier- und Pflanzenreiche gegenüber mit ihrer großen Zahl von Arten und Individuen die kleine Zahl der Species wieder ausgleicht; welche Fülle der Formen bieten nicht Quarz und Kalkspat! Dabei sind die einzelnen Arten der Vorkommnisse oft an bestimmte Fundstätten gebunden, so daß hier der Fundort einen Anhalt geben kann für die Erkennung des Minerals. Nimmt man nun noch hinzu, daß die innere Struktur derselben Mineralspecies sehr verschieden sein kann, daß Beimengungen der mannigfaltigsten Art den Habitus und das Aussehen des Minerales beeinflussen, so scheint es wohl gerechtfertigt, zu behaupten, daß von einer Eintönigkeit oder Dürftigkeit der Gestaltung im Gebiete der unorganischen Natur nicht die Rede sein kann und daß dieselbe Fülle und Verschiedenartigkeit, wenn auch in anderer Weise, wie in der organischen Natur, auch die scheinbar starre, unveränderliche unorganische Welt beherrscht.

Von ganz besonderer Wichtigkeit aber ist die Art des Vorkommens der Mineralien, welche uns zur Gewinnung der nutzbaren Metalle dienen, der Erze, und über dieses Vorkommen mag noch einiges näher in kurzer Übersicht besprochen werden.

Die Haupterze, welche in dem Abschnitte „Technologie der Mineralien“ (vgl. S. 137) zusammengestellt sind und auf deren örtliche (topographische) Verbreitung wiederholt hingewiesen ist, kommen nur selten in größeren Mengen ganz rein für sich allein vor. Von den Erzen finden sich fast immer mehrere miteinander vermischt und vermengt (Vergesellschaftung der Mineralien): so mit Bleiglanz sehr häufig Schwefelkies und Kupferkies, und bei gewissen Fundstätten sind oft stets dieselben Mineralien miteinander gleichzeitig entstanden (Paragenesis, die übrigens auch bei Mineralien, die nicht zu den Erzen gehören, auftritt; so beim Schwefel und Cölestin). Weitere Beispiele für das Zusammenvorkommen bieten die Kobalt- und Nickelerze, sowie die Tellurverbindungen. Die Art der Lagerstätten ist entweder primär oder sekundär, d. h. entweder werden die Erze an dem Orte, an dem sie entstanden, gefunden (Gänge, Adern, Stöcke oder Butze, Nieren, Geoden), oder es haben durch die Wirkungen des Wassers weitgehende Fortspülungen und Zertrümmerungen stattgefunden; die Massen sind dabei fast immer von den ersten Lagerstätten entfernt und haben sich an anderen Orten wieder zu Boden gesetzt (sekundäre Lagerstätte, vergl. Seifen bei Gold, S. 73). Bisweilen haben sich auch die Absetzungen wieder verfestigt, es sind Konglomerate, Breccien entstanden.

Wie überall in der Natur sich Übergänge finden, so auch hier. Manche Mineral- und Erzgänge zeigen Trümmerstruktur. Auch die Imprägnation gehört hierher. Manche Absetzungs(Sediment)gesteine sind mit Mineralien der verschiedensten Art durchsetzt, imprägniert, so fein zerteilt, daß das Ganze fast eine gleichmäßige Masse zu sein scheint:

Der Kohleneisenstein (Blackband in Schottland), der sich aus einem Gemenge von Eisenspat (vergl. S. 101) mit Steinkohle und Thon bildet und auch in Westfalen (Bochum) vorkommt, wie auch der Thoneisenstein (S. 86, Spateisenstein mit Thon gemengt), von gelblicher oder bräunlicher Farbe, der in zusammen-

hängenden Lagern (Flözen) oder in den genannten anderen Aggregationen (Knollen u. s. w.) auftritt und wie der vorige zur Eisengewinnung gebraucht wird (Südwales in England, bei Saarbrücken u. s. w.), ferner der Kupferschiefer, ein plattiger Mergel (Kalk und Thon oder Dolomit, vergl. Petrographie), der mit organischen Substanzen (Bitumen, Erdharz) imprägniert ist und eine große Menge von Schwefelverbindungen von Eisen, Silber und Kupfer enthält, gehören hierher. Um nur einige Erze anzuführen, von denen Partikelchen in dem Gestein enthalten sind, nennen wir Kupferkies, Buntkupferkies, Kupferglanz, Kupferindig; auch Gediegen Kupfer, Bleiglanz, Schwefelkies, Kupfernickel, Gediegen Silber. Der Bergbau bei Mansfeld am Harz, Richelsdorf in Hessen und Ilmenau in Thüringen beruht auf Verwertung dieses Materials. Es finden sich auch Einsprenglinge, kleine Teile des Erzes oder gediegenen Metalles in dem Hauptgestein zerstreut, ein Vorkommen, welches da zur Ausbeutung führt, wo diese Teile reichlicher vorhanden sind; es wird dann das Gestein gemahlen und das Erz durch Abschlämmen gesammelt (bezw. durch Waschen).

Bei den Lagerungsformen lassen sich hauptsächlich zwei unterscheiden.

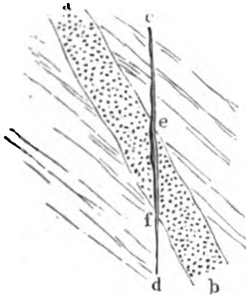
Die Erzlagerstätten in den Schichten der Sedimente (Flöze) sind entweder Lager von geringer Dicke (Mächtigkeit) oder von verhältnismäßig großer Mächtigkeit und geringer Flächenausdehnung (Linsen). Die Erzlagerstätten haben sich im Anschluß an die Bildung der Gesteine gebildet (Flöze). Zu diesen Erzlagerstätten gehören auch die Erzauflagerungen, die keine oder nur geringe Bedeckung durch fremdes Gestein erfahren haben (viele Bohnerze, Raseneisenerze, Moorerze in den Ebenen, die Seifen und Gerölle). Sehr häufig aber sind, nachdem schon das Gestein vollständig gebildet war, Mineral- und Erzmassen in die Spalten und Ritzen hineingedrungen, die Gänge[1]), Adern und Bänder (Nester). Das Eindringen ist von unten her geschehen, die Mächtigkeit der Gänge ist sehr verschieden, sie verzweigen sich, laufen in feine Spitzen aus (Apophysen) oder zeigen stumpf auslaufende Nebengänge und Verzweigungen (Trum, Trümer genannt), oder keilen sich aus. Diese Ausfüllungen früherer Spalten und Ritzen finden sich vorzüglich in den krystallinischen Massengesteinen, wie Granit, Gneis, Glimmerschiefer (vgl. Petrographie). Bei der Gewinnung wird von diesem Gestein (der Bergart) sowohl, wie von dem Hauptgestein des Ganges, der Gangart, stets etwas beigemengt sein. Die Hauptgangarten sind Quarz (überhaupt Silikate) und Calcit, die übrigen Gangarten treten gegen diese beiden bedeutend zurück (Baryt, Flußspat). Vielfach sind aber die Gänge und Ausfüllungslagerstätten überhaupt gleichzeitig Fundorte für seltene Mineralien, die sich dort oft in schön ausgebildeten Formen abgeschieden haben.

Der Verlauf der Gänge selbst ist ein äußerst mannigfaltiger, vergl. die folgenden Abbildungen. Reine Spaltenausfüllungen nennt man wohl Lagergänge; hat sich der Gang an der Grenze zweier verschiedenartiger Gesteine gebildet, so hat man die sog. Kontaktgänge. Auch verlaufen sie parallel

[1]) Diese Ausdrücke werden auch für Gesteine angewendet: Granitgänge in körnigem Kalk, Granit in Gneis. So ist z. B. der Pfahl (vergl. S. 92) ein im bayerischen Walde von Südosten bis Nordwesten 20 Stunden lang sich erstreckender Quarz- und Hornblendegang.

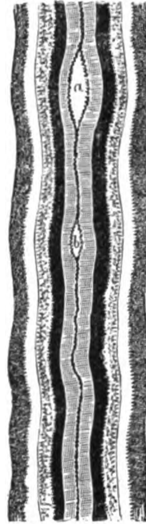
(Gangzüge), durchschneiden sich nach verschiedenen Richtungen, sind netzartig (Netzzüge), oder durchsetzen sich, d. h. ein Erzgang geht mit seinem Materiale durch einen anderen hindurch; zwei nebeneinander einherlaufende ausgefüllte Spalten geben einen Doppelgang. Sehr häufig sind bei allen Gängen die

Fig. 138.



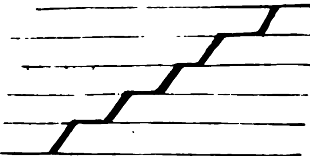
Schiefermasse mit Porphyrgang *a b*, beide durchkreuzt von dem (zwischen *e f* besonders reichen) Zinnerzgang *c d*.

Fig. 139.



Idealer Längendurchschnitt eines Ganges mit symmetrischen Bänderzonen; bei *a* und *b* Krystalldrusen.

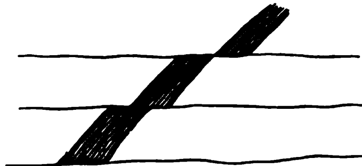
Fig. 140.



Treppenförmiger Gang in geschichtetem Gestein.

Verwerfungen, d. h. es haben Verschiebungen und Brüche stattgefunden, Fig. 141, so daß der Gang an einer anderen Stelle seine Fortsetzung findet. Ununterbrochener Verlauf über 15 m hinaus ist selten, wobei man freilich diese Fortsetzungen nicht mitrechnet. Auch in der Zusammensetzung ist der Gang an verschiedenen Stellen verschieden beschaffen, an manchen reicher an nutzbarem Erz, an manchen ärmer. Gänge, die nur aus Erz bestehen (wie z. B. Spateisenstein), sind selten; häufig finden sich auch Hohlräume oder Einsprengungen. Die Ausdrücke: reich, edel, taub und leer beziehen sich auf die Menge des nutzbaren Erzes im Gange. Interessant ist die Erscheinung, daß sich parallel den Begrenzungsflächen dünne Lagen von verschiedenen Erz- und Gangarten finden, ein Vorkommen, das man als Salbänder (Saalbänder) bezeichnet hat (Harz, Erzgebirge).

Fig. 141.



Durchsetzung und Verwerfung.

Alles dieses zeigt, daß sich die Gänge unabhängig von der Masse des Gebirges, als dieses schon bestand, gebildet haben; wie dies geschehen ist, ob durch Infiltration oder durch Mineralquellen, Aufeinanderwirken verschiedener

Lösungen, ist noch nicht bekannt. Daß die Ausfüllung durch Sublimation oder Erguß von geschmolzenem Material geschehen sei, ist, nach den Verhältnissen der Gänge zu urteilen, nicht anzunehmen.

An der Erdoberfläche, überhaupt in den obersten Schichten, können die Gänge auch manche Umänderungen erfahren haben. Die kohlensäure- und sauerstoffhaltigen Tagewässer haben die Bildung der bei den Einzelbeschreibungen erwähnten Phosphate, Arseniate, Karbonate und Nitrate veranlaßt. Die Tiefe, bis zu welcher solche Umänderungen herabreichen, beträgt bis über 100 m. Die eigentümliche Bildung der oberen Enden der Eisenerz-Gänge (z. B. Gossan in Cornwall), welche in Deutschland der eiserne Hut genannt wird, ist auf Verwitterungsvorgänge zurückzuführen. Bei Gängen, die Eisenkies enthalten, tritt die Verwitterung zu Eisenvitriol, Eisenhydroxyd und Eisenocker ein; diese Substanzen färben dann die oberen Gangteile braun oder gelb.

Die Anhäufung von Gängen hat noch zu manchen besonderen Benennungen Veranlassung gegeben; man nennt Lagerstock stockförmige Massen, die den Gebirgsschichten entsprechend gelagert sind; Gangstock und Lagergänge sind Bezeichnungen für Übergänge zwischen Gang und Lager, Stock- und Gangvorkommen; man spricht von Stockwerken, wenn ein stockförmiger Raum mit Gängen und Adern durchsetzt ist, und nennt Fahlbänder und Erzzonen plattenförmige, gangartige Räume, in denen sich bestimmte Gänge nicht abgrenzen lassen. Naturgemäß werden die Gänge auch nach den Haupterzen der nutzbaren Metalle unterschieden (Kupfer-, Blei-, Silber- u. s. w. gänge).

Für die Erzlager ist die Bestimmung ihrer Richtung und Neigung von großer Wichtigkeit. Bei den Adern und Gängen wird dieselbe ebenfalls vorgenommen, doch ist bei der großen Unregelmäßigkeit des Verlaufes und verschiedenen Beschaffenheit des Ganges (ein reicher Gang kann taub werden) der Erfolg der Ausbeutung oft dem Glück anheimgegeben. Man nennt das unter dem Erzlager Befindliche das Liegende, das darüber Befindliche das Hängende, die Neigung gegen den Horizont (Winkel mit der Horizontalebene) wird als Fallen, die Richtung im Horizont als Streichen (Richtung der horizontalen Erstreckung) bezeichnet. Anstatt hier die Himmelsgegenden zur Benennung zu nehmen, war früher beim bergmännischen Kompaß der Horizont in zweimal 12 Stunden (hora) eingeteilt. Die steilsten Gänge sind solche, die senkrecht stehen, sie heißen saigere Gänge, mit 75 bis 89° steile, geneigte tonnenlagerig, mit 0 bis 15° Neigung schwebende Gänge u. s. w. Man sagt also, eine Schicht streicht NW und fällt 45°; auch für die Richtung des Streichens hat der Bergmann besondere Namen (flache Gänge, zwischen N und NW nach S und SE u. s. f.). Die Tiefe, bis zu welcher die Erzgänge herabgehen, wird Teufe genannt.

Alle diese Beobachtungen führen nun unmittelbar zur Frage nach der Gewinnung der Erze, über die im folgenden Anhange, Bergbau, einiges hinzugefügt ist. Der Bergbau bildet mit der Markscheidekunst, die die Darstellung der Gruben und Bestimmung der Grenzen (Marken) für benachbarte Gruben bezweckt, und bei den Fragen nach dem Eigentumsrecht an das Erdinnere und der Bergbaukunde in Betracht kommt, einen besonderen Zweig der menschlichen Kulturthätigkeit.

IV. Bergbau, Gewinnung der Mineralien.

Über den Bau der Erdrinde würden wir weit besser und vollkommener unterrichtet sein, wenn es dem Menschen möglich wäre, bis zu großer Tiefe vorzudringen. Für gewöhnlich ist dem Forscher nur die oberste Schicht der Erdrinde zugänglich und auch hier bieten sich manche Schwierigkeiten, dieselbe leicht kennen zu lernen; Bedeckung mit Humus oder mit Geröll und anderen losen Gebilden von großer Mächtigkeit verhindern, zu dem festen anstehenden Gestein des Untergrundes zu gelangen; eine dauernde Wasserbedeckung schließt dies fast vollständig aus und die geognostische Beschaffenheit des Meeresgrundes wird, abgesehen von der obersten lockeren Schicht, wohl für immer verschlossen bleiben. Die Mittel, auch tiefere Schichten der Erde ihrer Beschaffenheit nach zu erschließen, gehören zum Teil erst der Neuzeit an; die Wegebauten, Tunnel- und Dammbauten des jetzigen Jahrhunderts haben manche Aufschlüsse gebracht; die Bohrlöcher werden, abgesehen von rein praktischen Zwecken (Mutung auf nutzbare Mineralien, auf Kohlen), auch zur Beschaffung von Wasser und Heilquellen, und zu rein wissenschaftlichen Zwecken tief in die Erde getrieben, und schon lange haben die mühselig durch Bergwerke erschlossenen Schichten der Erde dem Menschen die kostbaren Erze, deren Metalle er zu seiner Kulturhaltung braucht, geliefert. Aber trotz Jahrhunderte langer Arbeit ist es ihm auf diesem Wege nur gelungen, bis ungefähr 1000 m Tiefe vorzudringen, während einzelne Bohrlöcher eine viel größere Tiefe, über 2000 m, erreicht haben (vergl. Geologie), die Tunnel andererseits in Horizontalrichtung zwar tief in die Berge eindringen (bis 15 000 m), große Tiefen aber nicht erreichen. Bedenkt man, daß der Radius der Erde 6 377 397 m beträgt, so sieht man, daß nur ca. $^1/_{3190}$ der Dicke der Erdrinde uns zugänglich ist, ca. $^4/_{15}$ Meilen; nach aufwärts sind die höchsten bis jetzt erreichten Höhen ungefähr 10 km, so daß dem Menschen für die direkte Forschung nur ein kleines Bereich als Arbeitsgebiet zur Verfügung steht, das man auf etwa 11 km, vom tiefsten bis zum höchsten Punkte, veranschlagen kann.

Der älteste der Wege dieser Forschung ist der **Bergbau**[1]), dessen Zweck ja ist, die für den Menschen verwertbaren Mineralien aus der Tiefe emporzuschaffen, denn nur in einzelnen Fällen sind die kostbaren Mineralien, z. B. Erze, in solcher Menge an der Oberfläche vorhanden, daß sie direkt in Tagebauten und tiefen Gruben (Pingen) gewonnen werden, wie früher die Eisenerze bei Elbingerode am Harz, und Zinnstein (in Graupen) im Wolfsgange bei Platten im Erzgebirge. Nur die Gesteine werden noch im Tagebau in Steinbrüchen gewonnen, vereinzelt wohl auch noch Steinsalz (Cordona in Spanien); die Erze dagegen im Tiefbau. Man kann recht wohl Erzbergwerke, Steinsalzbergwerke und Kohlenbergwerke unterscheiden und es ist der Betrieb in allen dreien naturgemäß verschieden.

Der Bergbau ist, wie auch die Wissenschaften Mineralogie und Geologie, so recht in Deutschland heimisch geworden, und Harz und sächsisches Erz-

[1]) Über die übrigen Verhältnisse, Tunnel, Bohrlöcher und die natürlichen Höhlen, die uns auch Aufschluß über den tieferen Bau der Erde geben, wird einiges bei der Temperatur des Bodens und im Anhang „Höhlen“ in der Geologie berücksichtigt.

gebirge sind wohl die Stätten, wo am längsten ununterbrochen gearbeitet wird: im Rammelsberge bei Goslar schon unter Otto I., bei Clausthal seit dem Jahre 1000 und bei Freiberg seit 1171. Es sind daher diese Stätten fast erschöpft und der Bergbau auf Silbererze im Erzgebirge ist kaum noch lohnend, während vom 13. bis zum 16. Jahrhundert der Abbau außerordentlich gewinnbringend war. Wenn so Erzbergwerke eingehen und neue entstehen, oder die alten tiefer und tiefer getrieben werden müssen, sind die Steinsalzlager in solcher Fülle und Ausdehnung vorhanden, daß für Steinsalz, das in den Tiefen von Norddeutschland lagert (Sperenberg bei Berlin), ein schwieriger Tiefbau nicht lohnt, wo nicht die kostbaren Abraumsalze Veranlassung dazu geben. Europa hat auch sonst noch einen ungeheuren Vorrat von Steinsalz, das den Ausgangspunkt für eine der wichtigsten chemischen Industrieen, die Sodafabrikation, bildet; — abgesehen von dem Vorkommen in Deutschland denke man nur an das Vorkommen zu beiden Seiten der Karpathen, Wieliczka (Galizien), Bochnia, Marmaros Sziget (Ungarn), Maros Ujvar und Vizakna (deutsch: Salzburg) in Siebenbürgen, oder den Salzdistrikt in Cheshire (England) bei Northwich. Auch die Kohlenbergwerke können zunächst noch auf lange Zeit die Menschheit versorgen (sächsisches, Ruhr- und Saarbecken). In Belgien, England und in den noch nicht ausgebeuteten Teilen der Erde sind noch großartige Schätze an Kohlen zu heben, wie in China, dessen reiche Kohlenlager noch gar nicht oder nur wenig erschlossen sind (Kohlenfelder von Itschoufu, Tschangkiu, Kohlen von Schantung).

Der Berg wird erschlossen durch tiefe, vertikal hinabgehende Schachte, von denen aus horizontale Gänge in den Berg getrieben werden. Es giebt Schachte, die eine Tiefe von über 1000 m (Grube Samson, die tiefste am Harz, ist 800 m tief) haben und deren Sohle unter dem Meeresspiegel liegt, und Stollen, die außerordentlich lang sein können (der Christoph-Stollen in Salzburg, Georg-Stollen am Oberharz); meistens haben sie fast 2 m Höhe, oft aber sind sie auch so niedrig, daß man nur gebückt oder kriechend durch sie hindurchgelangen kann.

Bei jedem Bergwerke, namentlich bei den Kohlenbergwerken, muß für sehr gute Luft gesorgt werden (Ventilation). Manchmal wird dies ohne weitere Hülfsmittel durch „Wetterzüge“ bewirkt, die, ähnlich wie ein Schornstein, mit horizontalem Ansatzrohre wirken; der Temperaturunterschied oberhalb des Werkes (zu Tage) und die Luft innerhalb der Gänge bringt den Zug, der sehr stark sein kann, hervor; in den meisten Fällen muß künstliche Ventilation für gute Luft sorgen (die Luftverhältnisse werden mit „Wetter“ bezeichnet); enthält die Luft brennbare Gase (besonders Kohlenwasserstoff, CH_4), so können Schlagwetter entstehen, während ein starker Kohlensäuregehalt die giftigen Wetter bedingt [1]). Heizung der Grubenräume ist nicht erforderlich; die Temperatur beträgt meist 10 bis 15° C. und steigert sich in großen

[1]) Man unterscheidet wohl matte Wetter (sauerstoffarme, kohlensäurehaltige Luft), Schwaden (wenn so wenig Sauerstoff vorhanden ist, daß die Lichter erlöschen), brandige Wetter (Luft mit Kohlenoxyd), und schlagende Wetter (Luft mit Grubengas, CH_4). Schutz gegen schlagende Wetter bietet Davys Sicherheitslampe, eine mit feinmaschigem Drahtnetze umgebene Lampe (vgl. Chemie, S. 38, und Physik).

Tiefen, namentlich auch in Kohlenbergwerken, bis 27 bis 30°, so daß die Arbeit schwierig wird. Die Beleuchtung ist für die Arbeit des Bergmannes immer noch eine örtliche. Als Lichtquelle dient dem Bergmanne bei seiner mühevollen Arbeit das Grubenlicht; nur die Stellen, von wo aus die gewonnenen Erze und Fossilien zu Tage gefördert werden, die „Füllörter“, oder auf welchen sie entlang gefördert werden, die Förderstrecken, haben oft dauernde Beleuchtung.

Wenn wir auch nur wenig tief in die Erde eindringen, bemerken wir Wasseransammlungen, die wir als Grundwasser bezeichnen. Der ganze Erdboden ist in bestimmten Tiefen mehr oder weniger mit Wasser durchtränkt, und bei der Anlegung der Gruben ist der Wasserzudrang so groß, daß das Wasser künstlich herausgehoben werden muß oder durch besondere Abzugsstellen an die Oberfläche gelangt.

Die Vorrichtung zur Förderung des Wassers besteht aus Saug- und Druckpumpen. Die ganze Anlage führt den Namen Kunst oder Kunstgezeug. Als treibende Kraft benutzt man je nach der Sachlage Pferdekraft, Windkraft, Wasser- und Dampfkraft; die erstgenannte (Roßkunst) ist wenig, die zweite fast gar nicht mehr im Gebrauch; Wassersäulenkunstgezeuge (Wassersäulenmaschine am Harz) und Dampfkunstgezeug werden hauptsächlich angewandt. Doch kommt es vor, daß das Wasser nicht bewältigt werden kann, die Grube wird erträmkt oder ersäuft, oder daß plötzliche Wasseransammlung und Wassereinbrüche stattfinden (Braunkohlenbergwerk bei Dux, Frohse bei Aschersleben).

Die Gewinnung der Mineralien geschieht noch in der einfachsten mechanischen Weise durch Handwerkszeug, Gezähe genannt, das im wesentlichen aus Haue, Schlägel und Eisen (ein Spitzkeil), besteht.

Um die Arbeit zu erleichtern, hat von jeher das Feuersetzen gedient. Es wird vor dem zu bearbeitenden Gestein Feuer angezündet, dadurch trocknet dasselbe, wobei der entstehende Wasserdampf durch seine hohe Spannkraft das Gestein gewissermaßen sprengt, es dehnt sich aus und erhält so Risse und Sprünge, so daß es mürbe wird und nun leicht Stücke losgetrennt werden können. Die Bohrlöcher werden mit kleinen Bohrmaschinen „vor Ort“ (an der Stelle, wo gearbeitet wird) eingetrieben, die durch elektrische Kraft, die man leicht überall hinleiten kann, in Thätigkeit gesetzt werden; als Sprengmittel benutzt man anstatt des alten Schwarzpulvers, das starken Rauch giebt, Dynamit (Trinitroglycerin mit Kieselgur gemengt) oder auch Trinitrocellulose (Schießbaumwolle), die fast keinen Rauch geben und überdies viel kräftiger wirken (Sprengen durch Schießen).

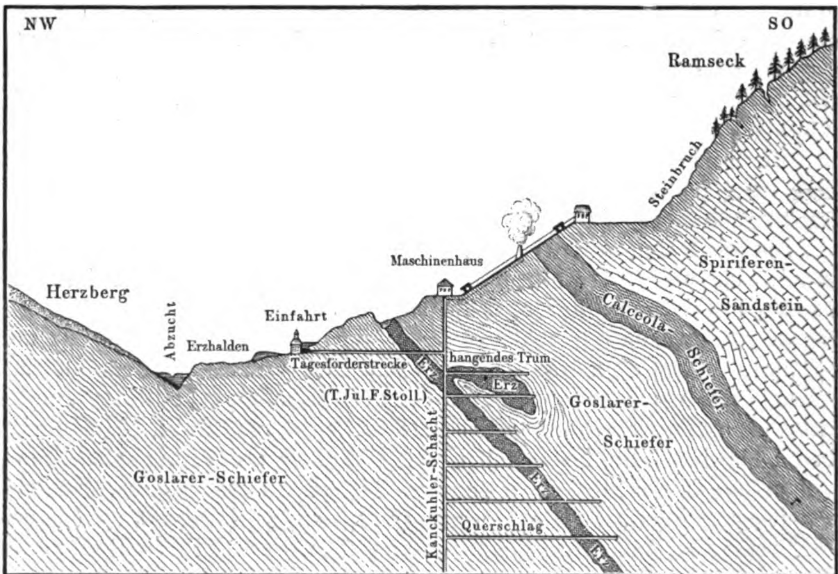
Die Förderung, d. h. das Hinausschaffen der gewonnenen Massen, geschieht durch die Schachte (Schachtförderung), zu welchen die Massen hingefahren werden (Grubenförderung), gewöhnlich auf kleinen Wagen (Hunden). Die Förderung durch den Schacht geschieht mit Maschinen, mit Haspel, Winde und Göpel, die wieder durch die verschiedensten Kräfte in Bewegung gesetzt werden. Der zusammengehäufte Abfall der Materialien, sowie jegliche Aufschüttung von bergmännischen Produkten führt den Namen Halden. Durch die Schachte fährt auch der Bergmann von der Mündung her, wo sich das Schutzhaus mit Signalhaus u. s. w. befinden, vom Zechenhaus aus an,

durch Fahrkorb (Seilfahren) oder Leitern (Fahrten), oder Fahrkünste (mittelst der auf- und abgehenden Gestänge der Künste). Dies ist eine nicht gefahrlose Methode, während die Leiterfahrt außerordentlich ermüdet.

Nach wie vor hat heute noch das Leben des Bergmannes seine althergebrachten Gewohnheiten und Gebräuche. Der Beruf des Bergmannes ist wohl einer der gefährlichsten und anstrengendsten; man rechnet, daß jährlich 50 bis 60 Arbeiter von 1000 umkommen, und häufig genug sind die großen Unfälle, bei denen oft viele ihr Leben in ihrem Berufe dahingeben müssen; auch ist gegenüber aller Tagesarbeit in Fabriken u. s. w. zu betonen, daß die langandauernde Arbeit unter der Erde, die oft nur in gekrümmter Stellung oder liegend durchgeführt wird, viel mehr angreift, als Arbeit im Freien und selbst in den engen Fabrikräumen.

Niemand sollte versäumen, sobald sich ihm Gelegenheit bietet, ein Bergwerk kennen zu lernen; er erweitert dadurch seinen Anschauungskreis, lernt einen eigentümlichen hoch interessanten Beruf kennen und schätzen, und bekommt eine Vorstellung von dem Zusammenhange und dem Aufbau unseres heutigen

Fig. 142.



Querschnitt durch das Rammelsberger Bergwerk.
(Nach Oberbergrath Wimmer in Behme, Geolog. Führer.)

Kulturlebens, da er eine der Grundlagen, die Gewinnung der anorganischen Rohmaterialien, kennen gelernt hat, wie er im Ackerbau und seinem Betriebe die Grundlage für die Technologie der organischen Körper und der Ernährung der Menschheit zu erblicken gewohnt ist.

Für den Besuch eines Steinsalzbergwerkes empfiehlt sich Staßfurt, als Kohlenbergwerk eins der vielen im Ruhrbecken, und als Erzbergwerk der Rammelsberg im Harz; Fig. 142 giebt einen Querschnitt desselben wieder.

III. Geologie.

In der großen Reihe der Minerale sind wir nicht selten solchen begegnet, die neben ihren besonderen Eigenschaften durch ihre massenhafte Verbreitung unsere Aufmerksamkeit erregten. So sind der Quarz, der Gips, der Dolomit und viele andere nicht nur als regelmäßige Krystallgebilde von beschränkter Ausdehnung vorhanden, sondern häufiger in ungeregelter Form und in mächtigen Lagern. Da ist es nicht allein die Gestalt, der Glanz, die Härte, die Farbe u. s. w., die uns als das Wichtigste erscheinen, sondern Verhältnisse ganz anderer Art drängen sich als bemerkenswert auf.

Wir nehmen als erwiesen an, daß die Erde ein kugelförmiger, an den Polen abgeplatteter Körper ist, dessen Durchmesser von Pol zu Pol 1713 geogr. Meilen beträgt. Die Oberfläche dieser Kugel berechnet man auf 9 261 000 Quadratmeilen, wovon ungefähr 7 200 000 mit Wasser bedeckt und 2 061 000 als Land erscheinen. Nach dem Gesetze der Schwere und der Beweglichkeit seiner Teilchen besitzt das Wasser eine scheinbar ebene Oberfläche, die, nur in ihrer Gesamtheit betrachtet, als Kugelfläche erscheint. Fassen wir dagegen den festen Teil der Erde ins Auge, so stellt dieser in höchst mannigfacher Weise sich dar. Aus den Ebenen erheben sich entweder allmählich oder plötzlich die Anhöhen, bald in ganzen Massen, bald nur in einzelnen Zügen oder Spitzen, und es gewähren Steppen, Wüsten, Hochebenen, Hügelland, Hochgebirge mit Thälern, Abgründen, steil ansteigenden Wänden und in den Wolken sich verlierenden Gipfeln einen unendlichen Reiz durch den Wechsel anmutiger und großartiger Bilder. Den Tiefseeforschungen der letzten Jahrzehnte nach hat auch der Meeresboden ein äußerst mannigfaltiges Relief, auch da giebt es Ebenen, schroffe, steil aufsteigende Erhebungen, tiefe Rillen, allmählich zum Lande ansteigende, wenige 100 m unter dem Niveau liegende Flachländer, Verhältnisse, die für die Schifffahrt äußerst wichtig, als Hauptteil der Oceanographie mehr und mehr erforscht werden.

Neben der äußeren Gestaltung der Gebirgsmassen des Festlandes ist die Verschiedenheit ihrer Gesteine kaum minder auffallend.

Zahllose Beobachtungen wendeten sich deshalb der Kenntnis der Gesteine zu, und bis zu Höhen von 7500 m und in Tiefen bis 2000 m, sowie nach allen Richtungen auf ihrer Oberfläche ist die Erdrinde namentlich in den letzten fünfzig Jahren untersucht worden. In den Kulturländern wird seitens des Staates der Aufbau der Gebirge genau festgestellt und die Verbreitung der gefundenen Schichten und Gesteine wird in Karten eingetragen;

diese gestatten sofort, einen Überblick über die Beschaffenheit des Landes zu erhalten. Durch die Abteufung von Bohrlöchern, durch den Bau der Eisenbahnen, — der Tunnel und Durchstiche, welche ihre Führung über Berg und Thal erfordert, wird das Innere der Erde in den obersten Schichten aufgeschlossen und erforscht, und Gebiet auf Gebiet der noch nicht untersuchten Länder wird in Beziehung auf Beschaffenheit des Bodens der Forschung unterzogen, oft um neue Schätze des Bodens, Erze und Kohlen, nutzbar machen zu können. Manche Staaten lassen zu diesem Zwecke auch die ödesten und unwegsamsten Distrikte aufnehmen. Die Arbeiten der geologischen Landeskommission der Vereinigten Staaten (Geological Survey of the United States) liefern hierfür den Beweis.

Die Geologie, im weitesten Sinne Kenntnis der Beschaffenheit der Erde und ihrer Veränderungen, hängt mit der Geographie, in der die Verteilung der einzelnen Oberflächengebilde beschrieben und die Thätigkeit des Menschen in seinen Wohnsitzen berücksichtigt wird, auf das engste zusammen. Sie steht daher mit allen Naturwissenschaften im engsten Zusammenhange und berücksichtigt auch Teile der Astronomie sowie der Biologie (Zoologie und Botanik).

Das Resultat der Forschung bezüglich des Aufbaues der unorganischen Massen ist:

Die Erdrinde besteht aus einer verhältnismäßig nur geringen Anzahl verschiedener Gesteine; diese Gesteine sind an den verschiedensten Punkten der Erde einander gleich, sowohl hinsichtlich ihrer Art als ihrer Lagerungsweise.

Die Gesteine sind entweder einfache Mineralien, Gesteine genannt, wenn sie gebirgsbildend auftreten (Gips, Steinsalz), oder Gemenge derselben, wie der Granit, oder durch Zertrümmerung und Umänderung entstandene Gemische, die entweder locker abgesetzt und angehäuft sind (Lehm), oder sich zu einem festen Gestein nach und nach erhärtet haben (Sandstein, Konglomeratgesteine), oder die aus durch ein Bindemittel zusammengehaltenen Geröllstücken bestehen (Nagelfluh am Rigi, Trümmergesteine).

Die Zahl der Mineralien, welche zum Aufbau der Erdrinde beigetragen haben, ist eine nur sehr kleine, aber die Verschiedenartigkeit wird dadurch bedingt, daß diese Mineralien sich in der verschiedensten Anordnung gemischt haben, daß neben den Hauptbestandteilen Nebenbestandteile vorhanden sind und Wasser und Luft mit ihren Bestandteilen im Laufe der Jahrtausende unaufhörlich auf dieselben gewirkt haben und noch wirken. Während aber das Klima auf die organische Welt, Tiere und Pflanzen, und ihre Gestaltung den größten Einfluß gehabt hat und in der heißen Zone und Polargegend sich die größten und auffallendsten Verschiedenheiten zeigen, verbreiten sich die Gesteine gleichmäßig über die ganze Erde. Die Granite von Südamerika, Heidelberg und die der Blöcke im höchsten Norden ähneln einander sehr und sind dieselben Gesteine.

Zur richtigen Erkennung eines Gesteins müssen wir dasselbe zunächst mineralogisch betrachten, d. h. seine chemischen Bestandteile, Härte, Dichte 2c. bestimmen. Dann aber ist auf die Absonderungsformen der Gesteine zu

sehen, denn obgleich dieselben keine Krystalle bilden, so nehmen sie doch, im großen betrachtet, sehr eigentümliche Gestaltungen an. Nachher ist die Art und Weise ihrer Lagerung von großer Bedeutung, und einen höchst wichtigen Beitrag zur Kenntnis und Unterscheidung der Gesteine liefern endlich die in vielen derselben zahlreich eingeschlossenen, versteinerten Pflanzen- und Tierkörper. So bestimmt sich denn die Reihenfolge in der Betrachtung unseres Gegenstandes auf folgende Weise: I. Gesteinslehre, Petrographie insbesondere; II. Historische Geologie, die in Stratigraphie (Lagerungslehre) und Formationslehre zerfällt. (Hiernach würde sich die Lehre von früheren pflanzlichen und tierischen Organismen, Paläphytologie und Paläzoologie anzuschließen haben, die schon im ersten Teile des Buches der Natur mit behandelt sind, S. 365). Dies zusammengenommen bildet die Elemente der Geognosie. Dann würde die Betrachtung der ununterbrochenen Wandelungen, welche fortwährend an und auf der Erde stattfinden und schon in historischer Zeit merkbare Umgestaltungen veranlaßt haben, als III. Dynamische Geologie, folgen. So würden wir schließlich auf Grund der Kenntnis dieser Erscheinungen zu einer Vorstellung über die allmähliche Entstehung der Erdrinde gelangen können. Die Beschreibung der jetzt bestehenden Gestaltung, die Physiographie der Erde, hängt zwar eng mit der Geologie zusammen (Hydrographie, Orographie, Gebirgslehre), muß aber schon des Umfanges wegen als gesonderte Wissenschaft und als Teil der Geographie behandelt werden.

I. Gesteinslehre

Petrographie, Petrologie, Lithologie, Beschreibung der Felsarten).

Indem wir uns bemühen, die Gesteine oder Felsarten kennen zu lernen, begegnen wir ähnlichen Schwierigkeiten, wie sie bei dem Studium der Mineralien uns entgegentreten. Auch hier ist unmittelbare Anschauung, Sammlung, Bearbeitung des Gesteins mit dem Hammer, aufmerksame Durchwanderung und Beobachtung der Gebirge, Thäler, Fluß- und Straßenbaueinschnitte, Steinbrüche, Bergwerke u. s. w. notwendig zur lebendigen Begriffsbildung.

Die folgende Beschreibung der Gesteine verdient daher richtiger nur eine Andeutung derjenigen genannt zu werden, die vor allem wichtig sind. Eine Sammlung der Felsarten ist leichter anzulegen, als eine von Mineralien, da jene immer in Massen auftreten, und deshalb wohlfeiler sind. Wer es daher versucht hat, die Gesteine seiner Umgegend zu sammeln, wird ohne allzu große Opfer auch die von anderen Gebirgsbildungen sich verschaffen können. Als hülfreich und förderlich sind hierbei die gewöhnlichen mineralogischen Instrumente zu empfehlen (Hammer, Meißel, Spitzeisen).

Gestein nennen wir überhaupt jede Mineralmasse, die einen beträchtlichen Teil der Erdkruste bildet. Die Massen sind ihrer Zusammensetzung nach zweierlei: entweder bestehen sie aus lauter kleinen Teilen (z. B. Krystallen, Körnchen, Blättchen u. s. w.) eines und desselben Minerales, oder es sind kleine Teile von zwei, drei oder mehr verschiedenen Mineralien miteinander vermengt. Dieselben sind hiernach in zwei Hauptgruppen, nämlich in einfache und in gemengte Gesteine, zu unterscheiden. So z. B. ist der

nur aus Kalkkörnchen bestehende Marmor ein einfaches Gestein; der Granit dagegen, in welchem wir Glimmerblättchen, Quarz- und Feldspatkörnchen antreffen, ist ein gemengtes Gestein.

Viele Ausdrücke, die sich auf das Gefüge (Struktur) beziehen und uns bei der Beschreibung der Minerale schon geläufig wurden, wiederholen sich natürlicherweise auch bei den Gesteinen. Körnig, spatig, faserig, blätterig, dicht, erdig u. a. m. sind solche bereits vielfach gebrauchte Bezeichnungen. Bei den gemengten Gesteinen ist jedoch in der Art der Mengung manches Eigentümliche, das vor ihrer Beschreibung zu bemerken ist. Ihre verschiedenartigen Teile sind entweder krystallinisch miteinander verbunden, oder sie werden durch eine nicht krystallinische Masse zusammengehalten, ähnlich wie der Mörtel die Steine einer Mauer verkittet. Bei vielen ist der Zusammenhang sehr stark, bei anderen ist er dagegen nur gering, und man nennt diese lose Gesteine, wie z. B. Gerölle, Grus, Mergel u. s. w. Die Mengung selbst ist entweder deutlich und mit bloßem Auge leicht erkennbar, oder sie ist undeutlich, und wird dann nur mit bewaffnetem Auge oder auf chemischem Wege erkannt. Auch bei den Gesteinen hat die Anwendung des Mikroskops auf Dünnschliffe derselben vielfach Aufschluß gegeben über ihre Natur und Entstehung. Hierbei erweisen sich nicht selten scheinbar dichte Gesteine als kryptokrystallinisch, d. h. aus mit bloßem Auge nicht erkennbaren kleinen Kryställchen bestehend. Öfter ist aus der Anordnung letzterer deutlich zu erkennen, daß sie in einer geschmolzenen Masse entstanden sind, indem diese winzigen Kryställchen gewundene Ströme bilden, die sogenannte Mikrofluktuationsstruktur (Fig. 143), und daß solche Ströme sich um größere, früher vorhandene Krystalle winden (Fig. 144). Schieferig heißt ein Gestein, das sich nach einer Richtung besonders leicht spalten läßt, was gewöhnlich der Fall ist, wenn einer der Gemengteile oder alle die Gestalt von Blättchen haben, und diese parallel gelagert sind (Thonschiefer, Blätterkohle). Die Schieferung ist nicht zu verwechseln mit der Schichtung, die durch Absetzung entstanden ist, während die Schieferung wahrscheinlich durch Druckverhältnisse hervorgebracht wurde. Oolithisch, d. i. rogenartig, wird ein Gestein genannt, das aus runden Körnchen, etwa von der Größe eines Hirsekornes, besteht, die miteinander verkittet sind und im Inneren eine aus

Fig. 143.

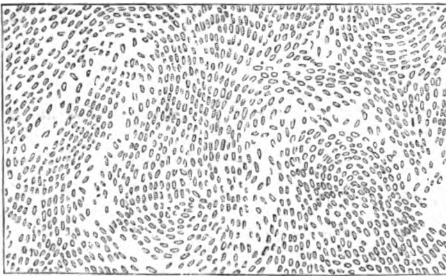


Fig. 144.



übereinander liegenden Schalen gebildete Struktur erkennen lassen (Rogensteine); größere derartige Bildungen sind die Erbsensteine. Eigentümlich ist die porphyrartige Bildung. Man versteht darunter eine gleichartige Gesteinsmasse, welche einzelne größere Krystalle irgend eines Minerales enthält, so daß sie dadurch ein geflecktes Ansehen hat. Befinden sich in einem Gesteine größere oder kleinere Blasenräume, sog. Mandeln, die mit einem anderen Minerale ganz oder teilweise ausgefüllt sind, so heißt dasselbe mandelsteinartig; wenn aber jene Blasenräume eckig sind, so nennt man die Gesteinsbildung schlackig. Drusenräume sind größere, inwendig mit schönen Krystallbildungen ausgekleidete Hohlräume in der Gesteinsmasse, vgl. S. 91 und 146.

Endlich muß noch der zufälligen Gemengteile der Gesteine gedacht werden, worunter man das Auftreten einzelner Krystalle eines Minerales in einer Gesteinsmasse in so untergeordneter Weise versteht, daß dadurch seine Art im ganzen keine Änderung erleidet. So z. B. giebt es Granit, in welchem Turmaline oder Granate[1]) angetroffen werden, wodurch jedoch der Charakter des Granits keineswegs aufgehoben wird.

Einteilung der Gesteine.

Auch in der Petrographie lassen sich, wie in der Mineralogie, verschiedene Einteilungen zu Grunde legen; ein bestimmtes, allgemein angenommenes System existiert nicht. Von besonderer Wichtigkeit ist bei jedem Gestein der Fundort, da der Habitus (das äußere Ansehen des Gesteins) außerordentlich verschieden ist (Granite von Bornholm, des Harzes, aus Schlesien), während der Charakter des Gesteins derselbe bleibt (dieselben Hauptbestandteile sich finden) und bestimmte Nebenbestandteile oft für einzelne Vorkommnisse typisch sind.

Man könnte die Gesteine nach verschiedenen Gesichtspunkten, z. B. in körnige, spatige, blätterige u. s. w., einteilen, doch ist vor allem darauf zu sehen, daß ihre Anordnung ohne Trennung der hinsichtlich ihrer mineralischen Zusammensetzung und Art der Entstehung verwandten Gesteine stattfindet. Der Charakter eines Gesteins ist noch weit schwankender, als der eines Minerales, schon deshalb, weil nicht selten ein Gestein in das andere übergeht, wie z. B. dichter Kalk in körnigen Kalk, oder Granit in Gneis.

Im allgemeinen behalten wir die Einteilung in einfache und gemengte Gesteine bei, und führen nur die wichtigsten Gesteine unter Beschreibung ihrer auffallendsten Merkmale auf. Des Vorkommens und der Verbreitung der Gesteine wird hauptsächlich bei Betrachtung der geologischen Abschnitte gedacht werden.

I. Einfache oder gleichartige Gesteine.

II. Gemengte oder ungleichartige Gesteine.

a) Krystallinische (zum Teil pyrogene Gesteine): Familie des Granits, Glimmerschiefers, Syenits, Grünsteins (Diorit, Diabas, Gabbro, Serpentin), des Porphyrs (Felsit, Melaphyr), Trapps (Basalt, Dolerit, Phonolith), Trachyts, der Lava (Obsidian, Bimsstein, Pechstein).

---

[1]) Bezüglich der einzelnen Mineralien vergleiche man den Abschnitt „Mineralogie".

b) Trümmergesteine (klastische Gesteine, Konglomeratgesteine, Sedimentgesteine): Thonschiefer (Schiefergesteine), Sandsteine, Tuffe (Traß), eigentliche Konglomeratgesteine (Nagelfluh, Grauwacke, Wacke, Breccien), lockere Mischgesteine (Thon, Pelit, Walkerde, Terrakotten rc., Mergel, Löß, Letten, Lehm, Laterit, Grünerde), Sand, Grus, Schutt, Schotter (vulkanische Asche, vulkanischer Sand, Lapilli, Bomben, Dammerde, Humus, Torf).

1. Einfache oder gleichartige Gesteine.

(Mineralien, welche einen wesentlichen Bestandteil der Erdrinde bilden.)

Dieselben sind in dem mineralogischen Teile bereits beschrieben worden, weshalb wir uns darauf beschränken, in entsprechender Reihenfolge die Namen der für die Geognosie bedeutenden anzuführen:

Anthracit (S. 132); Asphalt, Erdpech (S. 132); Augitfels (S. 123); Brauneisenstein (S. 86); Braunkohle, Lignit (S. 133); Chloritschiefer (S. 121); Dolomit, Bitterkalk (S. 100); Eis (S. 90); Felsit, Feldspatgestein (S. 116); Gips (S. 104); Graphit, Reißblei (S. 76); Hornblendegestein (S. 124); Kalkstein (S. 100); Magneteisenstein (S. 86); Obsidian (S. 117); Opal, Polierschiefer (S. 93); Pechstein (S. 118); Perlstein (S. 118); Quarz, Hornstein, Hornfels, Quarzfels, Quarzit (S. 92); Roteisenstein (S. 85); Schwarzkohle, Steinkohle (S. 132); Serpentin (S. 122); Spateisenstein (S. 101); Steinsalz (S. 95); Talkschiefer (S. 122); Torf (S. 134); — also zum Teil Sedimentgesteine, Erzgesteine, Kohlengesteine, phytogene Gesteine (aus Pflanzen entstanden) und Kieselgesteine.

2. Gemengte oder ungleichartige Gesteine.

a) Krystallinische.

Diejenigen Bestandteile eines gemengten Gesteins, die notwendig vorhanden sein müssen, um dasselbe zu bilden, heißen wesentliche Gemengteile desselben. Quarz, Glimmer und Feldspat sind die wesentlichen Gemengteile des Granits. Das Mengenverhältnis, in welchem dieselben zur Bildung eines Gesteins zusammentreten, ist jedoch außerordentlich verschieden; einzelne Gemengteile sind mitunter bis zum Verschwinden spärlich vorhanden, während andere vorherrschen. Auch wird zuweilen ein wesentlicher Bestandteil durch ein anderes Mineral vertreten, das alsdann der stellvertretende Gemengteil von jenem genannt wird. Man beobachtet auf diese Weise Übergänge von einer Felsart in die andere, wodurch die Feststellung des Charakters und die Beschreibung der Gesteine ungemein erschwert werden. Enthalten die krystallinischen Gesteine Minerale eingeschlossen, die zur Zusammensetzung dieser Gesteine wesentlich nicht gehören, so werden dieselben zufällige oder begleitende (accessorische) Gemengteile genannt. Manche dieser letzteren erscheinen an gewisse Gesteine so vorzugsweise gebunden, daß man sie die bezeichnenden

oder charakteristischen Gemengteile derselben nennt, wie z. B. den Olivin im Basalt, den Turmalin im Granit.

Die Entstehung gewisser krystallinischer Gesteine läßt sich beobachten bei jedem Ausbruche der feurig flüssigen Lavaströme aus Vulkanen, die zu den Lavagesteinen erstarren, wie solche auch von Ausbrüchen längst erloschener Vulkane herrührend angetroffen und vulkanische Gesteine genannt werden. Weit mächtiger als diese gewissermaßen vor unseren Augen an der Erdoberfläche erstarrten Gesteine treten unregelmäßige Felsmassen auf, unter Umständen, die schließen lassen, daß sie ebenfalls in flüssigem Zustande emporgedrungen, jedoch in der Tiefe erstarrt und erst nachträglich durch Hebung zur Erdoberfläche gelangt sind. Man bezeichnet die letzteren, zu welchen unter anderen der Granit gehört, als „plutonische Gesteine“ und die auf dem Wege der Durchbrechung überhaupt entstandenen Gesteine mit dem Namen der Eruptivgesteine.

Hierbei haben die benachbarten Gesteine mannigfache Umwandlungen erfahren (Hornstein in der Nähe der Granite), während bei anderen der Verwitterungsprozeß tief eingreifende Veränderungen hervorgebracht hat; namentlich hat dabei die Verwitterung des Feldspates in thonige Massen eine Rolle gespielt. Die Verwitterung ist eine mechanische (durch Lösung, Abspülung, Abbröckelung) und chemische, bei welcher Luft und ihre Bestandteile (Kohlensäure, Wasserdampf, Sauerstoff), sowie das Wasser die größte Wirkung hervorbringen; aber auch die hohe Temperatur von Gesteinsmassen, vulkanische Dämpfe und Kohlenbrände haben die mannigfachsten Veränderungen hervorgebracht. Durch die Verwitterung entstehen mancherlei Umänderungsformen, die nicht mit den Absonderungsformen (Säulen, Schiefer) zu verwechseln sind. Diesen Umänderungen sind sowohl die Laven und die älteren krystallinischen Gesteine, wie auch die Sedimentärgesteine, die krystallinisch geworden sind, und die nicht veränderten Sedimentärgesteine unterworfen.

In manchen Fällen sind weitgehende Umbildungen entstanden; namentlich durch Berührung mit früher geschmolzenen Gesteinen haben sich Krystallisierungen gebildet. Auch können solche Umänderungen wohl durch lange anhaltenden, großen Druck mit bedingt sein. Man kann diese Wandlungen mit dem Namen Metamorphismus bezeichnen, die Umwandlung durch eruptive Gesteine bezeichnet man dann als Kontaktmetamorphismus (metamorphische Schiefer, Bildung neuer Mineralien).

Die meisten Gesteine zeigen durch den Verwitterungsprozeß an der Oberfläche eine Verwitterungsrinde in Gestalt eines grauen, grauweißen oder schwärzlichen Überzuges, den ersten Boden für pflanzliche Organismen, die Flechten, die bisweilen dem Gestein dann ein eigentümliches Aussehen geben.

Die wichtigsten Mineralien, welche die Gemengteile der Gesteine bilden, sind: Feldspat, Quarz, Glimmer, Hornblende, Augit, Nephelin und Leucit. Minder häufig kommen vor: Olivin, Granat, Diallag, Hypersthen, Turmalin, Chlorit, Talk, Magneteisenerz und Siderit. Unter den erstgenannten liefern die verschiedenen Arten des Feldspates das bei weitem vorherrschende Gesteinsmaterial, und seitdem es gelungen ist, mit Hülfe des Mikroskops ihre Gegenwart genauer festzustellen, begründet man auf dieselbe die Charakte-

ristik und Einteilung der krystallinischen Gesteine. Letztere bilden hiernach zwei Hauptgruppen: 1. Mit vorwaltendem Orthoklas (klinorhombischer oder monokliner Feldspat). 2. Mit vorwaltendem Plagioklas (klinorhomboidischer oder trikliner Feldspat). In einer dritten Gruppe treten Nephelin (Thonerde-Alkali-Silikat) und Leucit an die Stelle von Feldspat. Die Arten unterscheiden sich je nach dem Vorhandensein von Quarz, Hornblende, Augit, Diallag, Hypersthen, Glimmer und Olivin, sowie nach ihrer körnigen, porphyrischen, dichten oder glasigen Beschaffenheit.

Es ist daher natürlich, daß die Zusammensetzung in chemischer Beziehung der durchschnittlichen Zusammensetzung jener Mineralien entspricht; es werden aber die Gesteinsanalysen doch immer verschiedene Resultate geben, weil die Mengung der Mineralien nie eine ganz gleichmäßige gewesen ist. Dasselbe gilt auch von den Sedimentärgesteinen, welche durch Verwitterung und Zertrümmerung der krystallinischen Gesteine und Absetzung der suspendierten Teile entstanden sind (Thonschiefer).

In den kieselsäurehaltigen (Silikat-)Gesteinen sind gewöhnlich enthalten: Kieselsäure 45 bis 80 Proz.; Thonerde 10 bis 20 Proz.; Eisenoxydul und Kalk bis 10 Proz.; Kali und Natron bis 6 Proz.; auch Magnesia in den verschiedensten Mengen bildet immer einen Bestandteil der Gesteine, die sehr häufig auch wasserhaltig sind; das specifische Gewicht beträgt 2,5 bis 2,9.

Beispiele für durchschnittliche Zusammensetzung eines

	trachytischen Gesteins Proz.	basaltischen Gesteins (Rhein) Proz.
Kieselsäure	58 bis 66	45,1
Thonerde	17 „ 20	16,2
Oxydische Eisenverbindungen	6 „ 7	13,3
Kalk	1,8 „ 2,5	10,3
Magnesia	0,8	6,3
Alkalien	6 bis 10	4,8
Wasser	0,2 „ 1	2,4

Familie des Granits.

Das körnige Aussehen dieses Gesteins hat ihm schon früh seinen Namen, von granum (Korn) abgeleitet, erworben. Der Granit ist ein Gemenge aus Feldspat, Quarz und Glimmer, worin jedoch die Blättchen des letzteren nicht parallel liegen. Der Feldspat, hauptsächlich Orthoklas, daneben nicht selten auch Oligoklas, bildet gewöhnlich mehr als die Hälfte der Masse des Gesteins, und seine Färbung ist es daher, welche sich im ganzen dem Granit mitteilt, der weiß, hellgrau, auch rötlich, gelblich oder grünlich ist. Der Quarz ist in Gestalt krystallinischer Körner, selten in Krystallen vorhanden; der Glimmer macht den geringsten Teil des Granits aus; derselbe ist meistenteils Kali-

glimmer (Muskovit), grau, stark glänzend, öfters auch Magnesiaglimmer (schwarz, weniger glänzend, Biotit). Der mittlere Kieselsäuregehalt des Granits ist 70 Proz., auch ist ein kleiner Wassergehalt von 0,5 bis 1 Proz. zu bemerken. Sein specifisches Gewicht ist durchschnittlich 2,65. Zufällige Gemengteile: Turmalin, Hornblende, Andalusit, Epidot, Granat, Topas, Graphit, Magneteisenerz, Zinnerz u. a. m. Der Granit bildet Übergänge in Gneis, Syenit und Porphyr und hat folgende Abarten:

Porphyrartiger Granit, mit einzelnen großen Feldspatkrystallen; Schriftgranit, wegen der schriftähnlichen Zeichen, die der in den Feldspat verwachsene Quarz bildet (Auerbach an der Bergstraße), er ist glimmerfrei; Protogyn, ein den Alpen (Montblanc) angehöriges Gemenge aus Kali- und Natronfeldspat, Quarz und grünem Talk, daher grünlich und fettig anzufühlen, Glimmer spärlich oder ganz fehlend. Der Greisen ist ein körniges Gemenge von Quarz und Glimmer, mit fein eingesprengtem Zinnstein; Feldspat fehlend oder zurücktretend.

Der Granit ist eins der verbreitetsten Gesteine, vorzüglich zum Straßenbau, weniger zu Mauerwerk geeignet; er wird jedoch in großen Blöcken und Säulen zu Monumenten und bei Kunstbauten verwendet. Der Verwitterung widerstehen die Granite sehr ungleich; feldspatreicher Granit verwittert ziemlich leicht, mitunter Porzellanthon bildend, und liefert einen thonigen, fruchtbaren Boden, — quarzreiche Granite erweisen sich dauerhafter und hinterlassen, wenn sie zerfallen, unergiebigen Kies (Grus). Auch die aus der Verwitterung verschiedener Granite hervorgehenden Formen erweisen sich als sehr ungleich; während die Granite der Alpen zackige Hörner und Spitzen zeigen, hat anderwärts die Verwitterung die Granite von außen her abgerundet zu wollsackähnlichen Blöcken, welche die sog. Felsenmeere (Bodethal) bilden. Es entstehen durch die ungleiche Verwitterung granitischer Gesteine mitunter die seltsamsten Massen, wie die Teufelsmühlen, von welchen der sog. Cheeswring in Cornwallis eine der auffallendsten ist, oder die Teufelsmühle am Ramberg im Harz[1]).

Schweden und Norwegen bis zur Halbinsel Kola, Finnland, zeigen in Europa das größte Verbreitungsgebiet granitischer Gesteine; von dort stammen auch die unzähligen erratischen Blöcke, Geschiebe und Gerölle, die als Findlinge in der norddeutschen Tiefebene uns gestatten, die verschiedensten Varietäten des Granits (Schriftgranit u. s. w.) eines anderen Landes kennen zu lernen (Markgrafenstein der Rauenschen Berge bei Fürstenwalde in der Mark). Der schwedische Granit, der Granit von Nord-Bornholm (Hammershus) liefern ausgezeichnetes Material für Pflasterung, für Denkmäler u. s. w.

In Deutschland haben wir im Harz, am Brocken und Ramberg (bis zur Roßtrappe), zwei ausgezeichnete Vorkommnisse des Granits; Riesen- und Isargebirge, der bayerische Wald, der Odenwald, die mittleren Vogesen (Hohneck, Gerardmer), der südliche Schwarzwald (um Triberg, St. Blasien, Zell) enthalten große Granitgebiete. Von außereuropäischen Gebieten mag

[1]) Bei den Abbildungen, die den Formationen und anderen Teilen angeschlossen werden, wird auf diese und andere Bildungen verwiesen.

das Gebiet der granitischen Gesteine: das Gebiet des Hudsonbailandes, namentlich das Gebiet der Barren Grounds (westlich vom Bären- und Sklavensee) und das Gebiet von Guayana erwähnt werden. Die granitischen Gesteine enthalten keine Spur organischer Überreste, sie stellen zum Teil die ältesten Gebilde unserer Erde dar (archäische Gebilde bezw. Formationen). Auch der Protogin, (Alpengranit, Montblanc), der Biotit und Sericit enthält, kann hierher gerechnet werden. Ebenso ist der Greisen als feldspatfreie Modifikation des Granits anzusehen.

Gneis (Gneiß). Dies Gestein gleicht äußerlich sehr dem Granit, nur daß die Struktur schieferig ist. Es hat seinen Namen aus der Bergmannssprache erhalten, ohne daß demselben eine besondere Bedeutung untergelegt wurde. Man bezeichnet damit ein Gemenge aus Quarz, Glimmer (oft schwarzem) und Feldspat (Orthoklas). Quarz und Feldspat bilden körnige Lagen, welche durch Glimmerblätter oder Schuppen voneinander getrennt sind, wodurch der schieferige Habitus entsteht; die Kieselsäure beträgt 65 bis 75 Proz. Der Gneis ist schieferig, grau, weiß, gelblich, rötlich, grünlich u. s. w. Zufällige Gemengteile: Granat, Turmalin, Epidot, Andalusit, Eisenkies, Graphit u. a. m. Bildet Übergänge in Glimmerschiefer, Granit und porphyrartigen Gneis. Im Talkgneis ist der Glimmer durch grünen Talk, im Syenitgneis durch Hornblende ersetzt. Granulit (Weißstein) ist ein schieferiges Gemenge von Orthoklas und Quarz, mit eingestreuten kleinen Granaten, selten Glimmer führend. Die Farbe ist ähnlich der des Granits; sie ist hauptsächlich durch den Feldspat bedingt, rötlich, rötlichweiß, grau, grauweiß. Auch der Gneis ist außerordentlich verbreitet im skandinavischen Gebiete, im Erzgebirge, in den Alpen, in Schottland und in den Gebieten des Odenwaldes und Schwarzwaldes. Werden die körnigen Teilchen kleiner und kleiner, so entsteht ein feinkrystallinisches Gestein von grauer, gelblicher Farbe (Feldspat-Quarzkörnchen mit Glimmerschüppchen), Hälleflinta; auch Hornschiefer und Adinole sind ähnliche Gemenge.

Wenn beim Gneis und Gneisgranit (Übergänge von Gneis zu Granit) der Feldspatgehalt geringer wird, das Glimmervorkommen wächst, so entsteht ein schieferiges Gestein von Glimmer mit Quarz:

Familie der Glimmerschiefer.

Deutliche Gemenge aus Glimmer und Quarz, welche lagenweise miteinander wechseln, oft in der Art, daß der Glimmer die Quarzblättchen einschließt; Gehalt an Kieselsäure 60 bis 80 Proz. Schieferig, grau, weiß, gelblich, rötlich, bräunlich; glänzend. Der Glimmerschiefer enthält oft Nebengemengteile, besonders: Granat, Talk, Chlorit, Feldspat, Hornblende, Turmalin, Staurolith, Eisenkies, Magneteisenerz, Graphit und geht über in Gneis, in Thon-, Talk-, Chlorit- und Hornblendeschiefer.

Der Glimmer wird zuweilen durch andere Minerale vertreten, und dann entstehen z. B. folgende Gesteine: Chloritschiefer, meist von grüner Farbe, indem der Glimmer durch Chlorit ersetzt ist; Talkschiefer, worin der Glimmer durch Talk vertreten und hierdurch dem Gestein eine seifenartige Beschaffenheit

und sehr verminderte Härte gegeben wird, so daß es in den Topfstein (Chiavenna in den Südalpen) übergeht; Eisenglimmerschiefer enthält Blättchen von Eisenglanz. Auch der Sericitschiefer (im Taunus) gehört hierher (Sericit ist ein talkähnlicher Kaliglimmer).

Glimmerschiefer und Gneis sind reich an Erzgängen (Erzgebirge, Norwegen, Schweden). Diese Schiefer, die ebenfalls keine organischen Überreste enthalten, gehören wie die granitischen Gesteine zu den ältesten Bildungen der Erde. Manche nehmen an, daß sie durch Umbildung alter, schieferiger Gesteine entstanden seien (metamorphische Schiefer), andere erblicken in ihnen die erste, ursprüngliche, feste Bildungsschicht unserer Erdrinde.

Hierher gehören noch verschiedene mikrokrystallinische Gesteine, die ein fast dichtes Aussehen (kryptokrystallinisch, verborgen krystallinisch) haben; so verschiedene Thonschiefer mit Gemengteilen von Quarz, glimmer- und chloritartigen Mineralien und feinem Mineralstaub (Ardennenschiefer, Fleckschiefer). Sie können einerseits in Glimmerschiefer, andererseits in Grauwackenschiefer übergehen. (Weiteres über Thonschiefer siehe später S. 174 ff.) Auch Quarzschiefer (weiß) und Kieselschiefer (schwarz), Varietäten des Quarzes, schließen sich hier an.

Familie des Syenits.

Deutliches krystallinisch-körniges Gemenge aus rötlichem oder rötlichweißem Orthoklas und schwarzer Hornblende, die meist kurze, faserige Säulen bildet. Öfter gesellen sich hierzu Glimmer und Oligoklas und das Gestein wird alsdann Hornblendegranit, Syenitgranit genannt. An zufälligen Gemengteilen führt er als charakteristisch sehr kleine braune Titanitkrystalle, ferner Epidot, Magneteisen und Schwefelkies. Er ist körnig, rötlich oder grünlich und bildet Übergänge in Granit, Hornblendegestein und Porphyr; Kieselsäuregehalt 60 Proz., G. = 2,6. Durch Einlagerung größerer Feldspatkrystalle zeichnet sich der Syenitporphyr, und durch schieferige Anordnung der Hornblende Syenitschiefer aus.

Der Syenit wird wie Granit verwendet und des äußerlichen Aussehens wegen damit verwechselt; es finden sich insbesondere, aus einem rötlichen Syenit gefertigt, zahlreiche und große Bauwerke und Monumente in Oberägypten (bei Theben), daher ist auch von Syene die Benennung des Gesteins abgeleitet. Berühmt ist die 12 m lange Riesensäule aus Syenit im Odenwalde und das dortige Felsenmeer, das aus Syenitblöcken besteht. Weitere Vorkommnisse: der Plauensche Grund, Harz, Böhmerwald.

Familie des Grünsteins.

Unter diesem gemeinsamen Namen begreift man eine Gruppe mannigfaltiger Gesteine von schwankendem Charakter, die oft schwierig zu bestimmen sind. Sie sind dem Syenit verwandt, von dem sie sich jedoch durch größeres specifisches Gewicht, = 2,9 bis 3, und durch geringeren Gehalt an Kieselsäure, 48 bis 54 Proz. unterscheiden. An ihrer Zusammensetzung beteiligen sich

vorzüglich die triklinen **Feldspate**, der Albit, der Oligoklas und Labrador; neben **Hornblende** und augitischen Mineralien, Augit, Diallag, Hypersthen, sowie **Chlorit**, der ihre grüne Färbung bedingt. Das Gemenge derselben ist deutlich bis undeutlich, und entweder körnig oder dicht, schieferig, auch porphyrartig; zuweilen blasig oder mandelsteinartig, indem die Blasenräume mit Kalkspat erfüllt sind. Die Farbe ist vorherrschend grün, dunkelgrau bis schwarz; zufällige Gemengteile sind: Eisenkies (besonders häufig), außerdem Quarz, Glimmer, Granat, Magneteisen. Sie finden sich nicht in so großen Massen wie die granitischen Gesteine, dafür aber außerordentlich häufig in fast allen Gebirgen. Ihr grünliches, grünlichschwarzes Aussehen macht sie leicht kenntlich.

Arten des Grünsteins sind: **Diorit**, ein deutliches Gemenge aus Hornblende und Oligoklas, oft mit Eisenkies; dasselbe Gestein von schieferigem Gefüge heißt **Dioritschiefer**. **Eklogit**, krystallinisch-körniges Gemenge von rotem Granat und grasgrünem **Smaragdit** (zur Hornblendegruppe gehörig). **Aphanit**, unerkenntlich dichtes Gemenge aus Hornblende und Albit, zuweilen mandelsteinartig, geht durch das Hervortreten einzelner Albit- oder Hornblendekrystalle in **Aphanitporphyr** über. **Diabas**, ein krystallinisch-körniges Gemenge von Oligoklas oder Labradorfeldspat mit Augit und Chlorit, von vorherrschend grüner Farbe; zufällige Gemengteile führt er im ganzen selten: am häufigsten Eisenkies, auch öfter kohlensauren Kalk, der sich beim Ätzen mit Säuren durch Aufbrausen zu erkennen giebt. Diese Grünsteinart ist die bei weitem häufigere. **Gabbro** (bei Harzburg), körniges Gemenge aus Labrador und Diallag (zur Gruppe des Augits, Kalk-Magnesiasilikat, gehörig), meist begleitet von Olivin, zuweilen von Serpentin u. a. m. **Hypersthenfels**, ein krystallinisch-körniges Gemenge aus Labrador und Hypersthen (Eisenoxydul-Magnesiasilikat); wenig verbreitet.

Die Grünsteine werden als Bausteine und Wegbefestigung benutzt; einige derselben, die ins Porphyrartige übergehen, findet man unter dem Namen **Porfido verde antico** zu Kunstgegenständen verarbeitet.

Der **Serpentin**, der auch als Gestein vorkommt (Fichtelgebirge), ist hier anzuschließen (vergl. Mineralogie S. 122).

Familie der Porphyre.

Als **Porphyre** hat man gewisse Gesteine von fleckigem Ansehen bezeichnet, das daher rührt, daß in einer dichten, gleichmäßigen Grundmasse größere Krystalle von Feldspat, Quarz oder anderen Mineralien sich vorfinden. Die mikroskopische Untersuchung lehrt, daß die Porphyre vielfach nicht sowohl eigenartige Gesteine, als vielmehr Übergangsarten sind, die an andere wohlcharakterisierte Gesteine sich anreihen lassen. Allen gemeinsam ist eine aus mikroskopischen Feldspatkryställchen bestehende Grundmasse (**Felsitmasse**).

Man unterscheidet diese sehr verschiedenartigen Gesteine, die weit verbreitet sind und Gebirgsmassen bilden, am besten nach der Beschaffenheit der Grundmasse:

Feldspatporphyre, Felsitporphyre. Braun, rot, violettgrau, selten gelblich, mit dichter Grundmasse von dichtem oder feinkörnigem Feldspat. Selten ist die Grundmasse glasig oder zellig (Mühlsteinporphyr), oder kugelig geballt (Kugelporphyr von Ziegelhausen im Odenwald); die ausgeschiedenen Krystalle sind Feldspat und Quarz, die ersteren meist eckig, die letzteren abgerundet. Doch kommen auch vollständig ausgebildete Quarzkrystalle (in hexagonalen Pyramiden) vor (Südharz, Stolberger Diamanten). Überwiegen die Feldspatkrystalle, so nennt man die Porphyre wohl Feldspatporphyre, beim Hervortreten der Quarzkrystalle Quarzporphyre. Aber auch andere Ausscheidungen finden sich: Glimmerporphyr, felsitische Grundmasse mit ausgeschiedenen Glimmer- und Quarzkrystallen. Tritt Hornblende neben den Feldspatkrystallen mit auf, so nennt man den Porphyr Syenitporphyr. Überhaupt können die granitischen Gesteine Porphyrhabitus annehmen. Porphyre mit körniger Grundmasse von Quarz, Feldspat und Glimmer (oder Chlorit) und größeren Krystallen derselben Mineralien heißen Granitporphyre. So unterscheidet man auch Pechsteinporphyre, Grundmasse Pechstein (s. u.), ausgeschiedene Krystalle: glasiger Feldspat und Quarz. Dioritporphyrit, Porphyrit, dunkelfarbige dioritische Grundmasse (Diorit vergl. oben) mit ausgeschiedenen Krystallen von Oligoklas, Hornblende und Magnesiaglimmer (Minette ist ein an Glimmer reicher, Vogesit ein an Augit und Hornblende reicher quarzfreier Feldspatporphyr). Hierher gehören auch die Hornblende-, Augit- und Glimmersyenitporphyre.

Ist die feldspatige Grundmasse durch Verwitterung verändert, so führen die Porphyre den Namen Thonsteinporphyre. Die Verwitterung ist oft so weit vorgeschritten, daß die Masse bröckelig ist und Thongeruch giebt (Thonporphyre, Meißen).

Verschiedene schön gefleckte Porphyre werden zu Kunstgegenständen verwendet, wie namentlich der quarzfreie rote Porphyr (Porphyrit, Porfido rosso antico) zu Säulen, Tischplatten, Vasen, Urnen, Schalen u. s. w., mitunter von außerordentlicher Größe. Am berühmtesten sind die Porphyrwerke von Elfdalen in Schweden und Kolywan im russischen Asien. Jedoch stimmt nicht alles, was unter dem Namen Porphyr verarbeitet wird, mit dem geognostischen Begriffe desselben überein.

Der Porphyr ist auch in Deutschland sehr verbreitet; die Porphyrgebirge bilden sanft abgerundete Kuppen; oft kommt derselbe mit dem Melaphyr zusammen vor. An Mächtigkeit des Vorkommens steht er weit hinter den granitischen Gesteinen zurück.

Auch in dem Porphyr finden sich kleinere oder größere Hohlräume mit besonderen Mineralien; Quarz, Achat, Flußspat, Kalkspat u. s. w., besonders aber ist dies der Fall bei dem

Melaphyr. Derselbe wird auch schwarzer Porphyr genannt, und ist ein dichtes oder etwas krystallinisches, meist quarzfreies Gemenge aus Plagioklas (Natron- und Kalkfeldspat), zuweilen auch Orthoklas, Augit und Olivin, nebst Magneteisen und Apatit, oft porphyrartig, dabei dunkel, bräunlich, grünlich oder schwarz. Der mittlere Kieselsäuregehalt ist 55 Proz.; G. = 2,7. Als Arten sind der dichte und der porphyrartige Melaphyr

zu unterscheiden, sowie der **Melaphyrmandelstein**. Der dichte Melaphyr ist hart und zähe; bei leicht eintretender Verwitterung wird seine Oberfläche erdig, heller farbig, grün oder bräunlich. Unter dem Mikroskop erscheint seine Zwischenmasse teils glasartig, teils undurchsichtig, strukturlos.

Eine charakteristische Eigentümlichkeit des Melaphyrs ist seine große Neigung zur Bildung von **Melaphyrmandelstein**. Letzterer enthält in der meist gleichartigen Hauptmasse zahlreiche Blasenräume, die entweder unregelmäßig oder kugelförmig, oder alle nach einer Richtung in die Länge gezogen sind, oder birnförmig mit den spitzen Enden nach unten gerichtet. Es kann keinem Zweifel unterliegen, daß dieselben durch Gasentwicklung im Inneren des Gesteins entstanden sind. Sehr häufig findet eine teilweise oder gänzliche Ausfüllung der Blasenräume statt, die aus den verschiedensten Mineralien, insbesondere aus Kalkspat, Chalcedon, Achat, Quarz, Zeolithen, Datoliten u. a. m. besteht, welche teils den Wänden parallele Lagen oder Drusen, teils unregelmäßige Massen, gleichförmige Ausfüllungen, oder traubige, tropfsteinartige Körper bilden. Bemerkenswert war das früher häufige Vorkommen der schönen Achatmandeln, sowie von Asphalt in Blasenräumen des Melaphyrs von Oberstein an der Nahe. Derselbe führt den Namen **Palatinit** und enthält neben den oben genannten Bestandteilen noch Diallag (Augitmineral).

Mit dem Melaphyr ist auch der **Diabasporphyrit** nahe verwandt.

Die Melaphyre finden sich in Deutschland namentlich in der Gegend von Löwenberg und Landshut in Schlesien, Ilmenau in Thüringen, Ilfeld am Südharz, in der Nahe- und Saargegend, im erzgebirgischen Gebiet; auch in Südtirol sind sie häufig.

Familie der Basaltgesteine (Trappgesteine[1]).

In den **Basalten** begegnen wir einer Reihe dunkelfarbiger Gesteine, die sowohl durch die Art ihres Vorkommens und ihrer Entstehung, als auch in ihrer äußeren Erscheinung einen sehr übereinstimmend ausgeprägten Charakter besitzen. Ihre Farbe ist dunkelgrau, schwarzbraun, bis schwarz; sie sind meist dicht und schwer; G. = 2,9 bis 3,1; ihre Struktur ist gleichartig und läßt mit bloßem Auge Gemengteile kaum oder gar nicht erkennen; doch finden sich auch körnige, porphyr- und mandelsteinartige, sowie schlackige Basalte. Der Kieselsäuregehalt beträgt durchschnittlich nur 45 Proz., weshalb man sie als **basische** Gesteine bezeichnet; da sie ferner bis 2,5 Proz. Wasser enthalten und gepulvert, mit Säuren behandelt, oft etwas Kohlensäure entwickeln, so schließt man hieraus auf eine beginnende Zersetzung derselben. Die Basalte sind leicht schmelzbar (schon vor dem Lötrohre) und liefern ein dunkles Glas.

Die Bestandteile der Basalte sind **Augit** und **Labrador** mit **Olivin** und **Magneteisen**. Sehr oft treten andere Feldspate und besondere Mineralien (**Leucit**) auf.

Am verbreitetsten ist der dichte **Feldspat-** oder **Plagioklasbasalt**, häufig Olivin (der Olivin ist oft in grünlichen, glasglänzenden Körnern aus-

[1]) Die Abbildungen der besonderen Absonderungen und Verwitterungen sind in späteren Abschnitten eingefügt.

geschieden) und Titanit (Sphen, eine Verbindung von kieselsaurem und titansaurem Kalk, $CaO2SiO_2 + CaO2TiO_2 = 2[CaSiTiO_5]$) führend, im Rheinland, Hessen, Schottland; gleiche Zusammensetzung haben der körnige Dolerit (Meißner; die körnigen Basalte werden überhaupt Dolerit genannt) und der meist von Sphärosiderit begleitete, feinkörnige Anamesit (Steinheim am Main). Nephelinbasalt [1]) findet sich im Thüringer Walde, Rhön, Erzgebirge, Auerbach (Bergstraße) u. a. m. Nephelindolerit: Odenwald (Katzenbuckel), Lausitz. Leucitbasalt tritt unter anderen im Albaner Gebirge, am Vesuv, Laacher See auf.

In blasigen Hohlräumen der dichten, und mehr noch der schlackigen Basalte finden sich die mannigfaltigsten Minerale ausgeschieden, vorzüglich Zeolithe, Kalkspat, Quarz, Hyalith. Aus der Zersetzung der Basalte durch kohlensäurehaltiges Wasser, welches die Alkalien entführt, geht die sog. Wacke oder Basaltwacke hervor; sie ist thonsteinartig, dicht bis erdig, zuweilen schlackig, blasig, mandelsteinartig, schmutzig grau, braun, bei fortschreitender Zersetzung in Thon übergehend.

Charakteristisch für alle Basalte ist die stengelige Zerklüftung ihrer Masse, wodurch fünf- und sechsseitige Säulen entstehen, die irrigerweise als Erzeugnisse einer Krystallisation angesehen wurden. — Der Basalt liefert ein festes Material zum Straßenbau; für Mauerwerk erweist sich der dichte zu schwer, während der schlackige Basalt dazu sehr geeignet ist. Man begegnet letzterem im Siebengebirge, Schwarzwalde, in der Rhön und in Böhmen und verwendet die leichten Sorten zum Ausfüllen von Kuppeln und Gewölben. Verwittert geben die Basalte einen fruchtbaren, durch dunkle Farbe für die Sonnenwärme empfänglichen Boden.

Die Basalte (Dolerite), die in zähflüssigem Zustande aus der Erde dringen, bilden kugelförmige Berge (Landskrone bei Görlitz, am Rhein), kommen aber auch in Gängen vor oder bedecken deckenförmig große Länderstrecken (Nordwest-Dekkan in Indien; Nord-Irland, am Riesendamm [„Giants' Causeway"], wo sich besonders merkwürdige säulenförmige Absonderungen befinden: 40 000 Basaltsäulen, bei Portrush). Von den deutschen Vorkommnissen sind besonders wichtig: Kaiserstuhl in Baden, die einzelnen Basalt-(Dolerit)kegel in Schwaben, in der Sächsischen Schweiz (Winterberg), die Basalte der Lausitz, die Basalte des böhmischen Mittelgebirges und bei Karlsbad, der Röhn des Vogelsgebirges, die Basaltkuppen im Westerwalde und in der Eifel. Die Basalte zeigen schon bedeutende Annäherung an das vulkanische Gestein der jüngeren Zeit.

Den Basaltgesteinen schließt sich auf das engste an der

Phonolith oder Klingstein. Dies Gestein führt den Namen Phonolith (von φωνή = phonē. Ton, und λίθος = lithos, Stein), weil es beim Anschlagen mit dem Hammer meist einen hellen Klang giebt. Der Phonolith ist ein scheinbar gleichartiges, völlig quarzfreies Gemenge von in Salzsäure unlöslichem Sanidin (glasigem Feldspat), mit durch Salzsäure zersetzbarem Nephelin und etwas Natrolith; dicht, schieferig, porphyrartig durch

---

[1]) Nephelin oder Eläolith, hexagonal, Alkali-Thonerdesilikat, H. = 5 bis 6, zur Leucitgruppe gehörig.

größere Sanidinkrystalle, selten blasig. Auf dem Bruche ist er splitterig bis muschelig, glasartig bis erdig; grünlichgrau, grau, schwärzlichgrau. Als untergeordnete Bestandteile finden sich: Oligoklas, Hauyn, Hornblende, Augit, Magneteisenerz, Titanit, Leucit, Glimmer, und in Drusen und Blasenräumen ausgeschieden Zeolithe. Der Kieselsäuregehalt bleibt unter 60, Thonerde ca. 20, Eisenoxyd und -oxydul 3,5, Kalk 2,3, Alkalien 13, Wasser durchschnittlich 1,6 Proz.; außerdem sind auch geringe Mengen von Manganoxydul und Magnesia darin enthalten; G. = 2,5; schmilzt vor dem Lötrohre zu einem graugrünlichen Emailglase. Eigentümlich ist diesem Gesteine eine weiße, erdige Verwitterungsrinde, welche fast alle an der Oberfläche liegenden Stücke umgiebt. Als Arten unterscheidet man dichten Phonolith, Phonolithschiefer, porphyrartigen und zersetzten Phonolith, der ein weiches, fast erdiges Gestein ist, ähnlich der Porzellanerde.

Der selten in Säulen und häufig in Platten sich absondernde Phonolith wird als Baustein, selbst zum Dachdecken, dagegen weniger zum Straßenbau benutzt. Der aus seiner Verwitterung hervorgehende helle, thonige Boden ist dem Ackerbau günstig.

Hierher gehören auch der trachytische Phonolith und die Leucitphonolithe, bei denen der Nephelin zum größten Teile durch Leucit vertreten ist. Die Phonolithe bilden einzelne gewölbte Kuppen von dom- oder glockenförmigem Habitus, aber auch Gänge. Einzelvorkommnisse: der Hohentwiel, der Staufen im Hegau am Bodensee, die Milseburg in der Rhön, die Lausche bei Zittau, der Milleschauer, Teplitzer Schloßberg, Marienberg in Böhmen.

Besonders merkwürdig sind die Phonolithe in Centralfrankreich (Puy de Dôme, Mont Dore, Cantal), wo das Gestein geradezu schieferige Absonderungen zeigt, so daß es als Dachschiefer benutzt wird. Der Phonolith ist ein jüngeres vulkanisches Gestein als der Basalt und nähert sich in vielem den späteren Lavagesteinen. Direkte Übergänge in Basalt scheinen nicht vorhanden zu sein.

Familie der Trachytgesteine.

Sanidin (glasiger Kieselfeldspat) ist der wesentlichste Gemengteil der trachytischen Gesteine, die in zwei Gruppen zerfallen, in Quarztrachyte (Liparite, Rhyolithe, 75 bis 77 Proz. Siliciumdioxyd), mit einem fast nur mikroskopisch erkennbaren Quarzgehalt, und in quarzfreie oder eigentliche Trachyte. Weitere Gemengteile beider bilden trikline Feldspate, Augit, Hornblende und Glimmer; als begleitende finden sich Tridymit (eine rhombische Kieselsäure, vergl. S. 93, sehr selten), Magneteisen, Apatit und Titanit. Ihre Färbung ist immer licht, grau, gelblich, rötlich, grünlich; Gehalt an Kieselsäure 58 bis 70 Proz., Thonerde 17 bis 20, Eisenoxyd und -oxydul 6, Kalk 1,8 bis 2,5, Alkalien 8 bis 10 Proz., auch zeigt sich stets ein kleiner Wassergehalt. G. = 2,6. Der Name Trachyt (von τραχύς = trachys, rauh) entspricht der rauhen Beschaffenheit dieser Gesteine, herrührend von dem glasigen Feldspat und ihrer zelligporösen Struktur. Nicht selten findet man Trachyt mit säulenförmiger Absonderung, wie z. B. im Siebengebirge. Derselbe enthält sehr oft große plattenförmige, gestreifte Krystalle von Sanidin (Drachenfels).

Als Baustein ist der Trachyt wegen seiner leichten Verwitterung nicht wohl geeignet, wie dies an dem Kölner Dom, dessen älterer Teil aus Trachyt des Siebengebirges erbaut wurde, sich nachteilig erwiesen hat. Dagegen liefert er dem Ackerbau einen fruchtbar thonigen Lehmboden.

Zwischen dem Trachyt und Dolerit steht hinsichtlich seiner Zusammensetzung der Andesit; er charakterisiert sich durch seinen Gehalt an einem kalkreicheren, Andesin genannten Feldspat, der einen Hauptbestandteil der vulkanischen Gesteine der Anden (Chimborasso) und des Kaukasus ausmacht. Dacite (Vorkommen in Ungarn) heißen die stark quarzführenden Andesite; auch Rhyolith ist eine kieselsäurereiche Varietät des trachytischen Gesteins. Der Trachyt bildet domähnliche Berge mit schärferen Kuppen (Lohrberg, Drachenfels im Siebengebirge). Domit heißen die feinkörnigen und spröden Trachyte der Auvergne; er zeigt mannigfache Übergänge nach den Phonolithen.

Der Trachyt ist ein sehr häufiges, vulkanisches Gestein (Euganeen in Oberitalien, Gleichenberg in Steiermark u. s. w.).

Die Trachyte stehen der vulkanischen Thätigkeit der letzten Erdperiode schon sehr nahe. Mit den neueren Laven sind sie vergesellschaftet. Die Insel Santorin, sowie ein Teil der südamerikanischen, thätigen Vulkane (Pichincha), sind aus Trachytblöcken aufgebaut.

Es führen die Trachyte unmittelbar über zu der

Familie der Lavagesteine.

Unter dem Namen Lava im weiteren Sinne begreift man alle die mannigfaltigen Gesteine, die durch Erstarrung der glutflüssigen Ergüsse aus dem Erdinneren entstanden sind. Es ist somit nicht die Beschaffenheit der Mineralien, sondern ihre Entstehungsweise, die den Hauptcharakter der Laven bildet. Allen gemeinschaftlich ist das Vorhandensein von Hohlräumen, die einen dünnen, schmelzartigen Überzug haben, eine poröse, schlackige Struktur bedingen und die nur selten, aber niemals gänzlich mit Mineralien ausgefüllt sind. Die jetzt noch von den thätigen Vulkanen (Vesuv, Ätna 2c.) gelieferten Laven (recente Laven) unterscheiden sich zum Teil nicht von den Produkten, wie sie auch von früheren Vulkanen (Eifel, Laacher See, Auvergne 2c.) geliefert wurden.

Die Laven bestehen der Hauptsache nach aus Feldspatmasse und enthalten als fast niemals fehlende Begleitung Magneteisen. Je nach der Weise, in der sich andere Minerale an ihrer Zusammensetzung beteiligen, unterscheidet man trachytische oder saure Laven, welche aus Sanidin, Oligoklas mit begleitender Hornblende bestehen und 60 bis 75 Proz. Kieselsäure enthalten, und basaltische oder basische Laven, deren Hauptbestandteile Augit und Labradorit sind, begleitet von Olivin; ihr Kieselgehalt schwankt zwischen 42 und 45 Proz.; ihr spec. Gew. ist 2,8 bis 3, während das der trachytischen Laven etwas geringer ist: 2,0 bis 2,7.

Zur ersteren Gruppe gehören die poröse Bimssteinlava, die glasige Obsidianlava, die rauhe Trachytlava; zur zweiten die Doleritlava, die basaltische Lava, vom gewöhnlichen Basalt kaum unterscheidbar, die

Leucitlava, am Vesuv vorwaltend, die Haüynlava, mit eingesprengten blauen Haüynkrystallen [1]) (Niedermendig bei Koblenz, Mühlsteinlaven).

Die Lava kommt in stromartiger Verbreitung, mitunter von großer Mächtigkeit, vor (Island). Während manche Laven, wie die am Vesuv, leicht verwittern und einen fruchtbaren Boden geben, hat man unter anderem auf Ischia 500 Jahre alte Laven vorgefunden, die völlig unverändert sind. In Laven, welche dem Einfluße der den Kratern entströmenden Dämpfe ausgesetzt sind, bildet sich durch Zersetzung eine große Anzahl von Mineralien, insbesondere auch von löslichen Salzen.

Als besondere Lavagesteine mögen folgende genannt werden: Obsidian, Bimsstein, Pechstein.

Obsidian. Derselbe bildet eine glasartige Masse von muscheligem Bruche; an den Kanten durchscheinend, spröde; H. = 6 bis 7, G. = 2,5. Die Farbe ist schwarz oder schwarzgrau, seltener kommen andere Farben vor. Er enthält 60 bis 77 Proz. Kieselsäure, 7 bis 19 Proz. Thonerde, 6 bis 11 Proz. Alkalien mit geringeren Mengen von Eisenoxyd, Kalk, Magnesia und ist ein echtes vulkanisches Glas. Oft zeigt er Übergänge in Bimsstein, der als schaumiger Obsidian erscheint, von weißlicher Farbe und noch in ungeheuren Mengen bei Vulkanausbrüchen geliefert wird (Krakatoa-Ausbruch 1883).

Wird der Bimsstein geschmolzen, so liefert er eine vollständig obsidianähnliche Masse. Der Bimsstein wird als Polier-, Schleifmittel und zur Bimssteinseife angewendet. Der Obsidian findet sich auf den Liparischen Inseln, Santorin, Island, Mexiko; er kann als verglaster Trachyt betrachtet werden und findet sich an vielen Stellen jetziger und früherer vulkanischer Thätigkeit, nicht aber am Vesuv und Ätna.

Bisweilen ist die Gleichartigkeit (Homogeneïtät) des Obsidianglases unterbrochen durch kleine Gasbläschen (Mexiko), oder Krystallnädelchen (Belonite), oder haarförmige Gebilde (Trichite); alle diese faßt man wohl zusammen als Liparitobsidian.

Obsidianbruchstücke dienten in alten Zeiten als Waffen (bei den Griechen die Marathonsteine) zu Messern, Pfeilspitzen (Mexiko), später zu Schmucksachen: Dosen, Knöpfen.

Ein ähnliches Produkt, durch Schmelzung entstanden (vulkanisches Glas), ist der

Pechstein, amorph, glasartig, von muscheligem Bruche oder Glanze, mehr fettartig, während beim Obsidian der Glanz dem Glasglanze nahe steht, die Farbe ist häufig dunkelgrau, rot, braun, braunrot und schwarz; kommt vor bei Meißen, Schemnitz in Ungarn, auf Arran in Schottland. Die Zusammensetzung ist ähnlich wie beim Obsidian, nur ist er wasserreicher, bis fast 10 Proz.; auch hier finden sich Einsprenglinge (Pechsteinporphyr, Vitrophyr). Dem Pechstein unmittelbar schließt sich an der

---

[1]) Haüyn, regulär, Thonerde-Natronsilikat: $Na_2SO_4 + Na_2Al_2Si_2O_8$, von blauer Farbe.

Perlit, Perlstein, ganz ähnlich zusammengesetzt, von geringerem Wasser- und höherem Kieselsäuregehalte, bis 82 Proz. Er besteht aus rundlichen oder eckigen Körnern. Die Farbe ist grau, rötlich; namentlich in Ungarn (Kremnitz), den Ponzainseln, Mexiko, Zimapan. Oft sind diese Gesteine nicht homogen, sie zeigen mikrolithische Struktur (Teilchen von Sanidin 2c.).

Schmelzungen basaltischer und trachytischer Gesteine, sowie die mannigfachsten Übergangsformen haben dazu geführt, eine große Menge einzelner Gesteine zu unterscheiden, denen oft verschiedene Namen beigelegt sind.

Als Ausgangspunkt für die Kenntnis der Gesteine dienen einmal die typisch ausgeprägten Vorkommnisse, wie sie durch die Gesteinshandlungen bezogen werden können. Die nutzbaren Gesteine werden leicht mit Hülfe der einzelnen Steinmetzwerkstätten in den einzelnen Orten beschafft werden können, während die beste Unterlage eine selbst angelegte petrographische Sammlung bietet, die auf Grund geologischer Specialkarten in den meisten Gegenden durchgeführt werden kann.

Die jetzt noch entstehenden vulkanischen Zertrümmerungsprodukte der thätigen Vulkane mögen gleich hier eine Stelle finden. Man unterscheidet vulkanische Blöcke, große, unregelmäßig gestaltete Lavastücke bis 2 m Durchmesser; sie sind innen meist kompakt, nach außen steinartig, schlackig, blasig; vulkanische Bomben nennt man die kleineren, rundlich, keulen- und eiförmig gestalteten Lava- und Obsidianklumpen (die kleineren am Vesuv werden Vesuvsthränen genannt). Bisweilen nehmen diese Auswürflinge, nachdem sie zu großer Höhe emporgeschleudert sind, platte Gestalt an („Schlackenfladen“). Lapilli (Rapilli) werden die ungeheuren Massen hasel- bis walnußgroßer Schlackenbrocken von grauer, brauner bis schwarzer Farbe genannt, die oft die neugebildeten Krater auswerfen und aufthürmen. Noch feiner zerteilt sind die vulkanischen Sande, Bruchstücke von Erbsen- bis Hirsekorngröße; diese bestehen oft aus scharfkantigen Bruchstücken verschiedener Mineralien (Augit, Glimmer, Olivin), enthalten Dampf- und Gasporen oder sind kleine Lavabruchstückchen. Noch feiner zerteilt, führen diese Produkte den Namen vulkanische Asche, die oft aus kleinen Kryställchen besteht (Augit, Leucit, Magnetite). Die Asche beim Krakatoa-Ausbruch (August 1883) bestand zum größten Teile aus eckigen Splitterchen; aber auch durch Zerstäuben der Lava, oder durch Abreiben von auch emporgeschleuderten Lavastückchen gegeneinander kann ein pulverförmiger „Detritus“ (= zerriebenes Gestein), die vulkanische Asche entstehen. Höchst eigentümlich sind die lockeren, wohl ausgebildeten Krystalle einzelner Mineralien (Augit, Leucit), die bei einigen Vulkanausbrüchen (Ätna 1669) auftreten, sowie glasartige Fäden, wie sie der Kilauea (Hawaii) liefert („Peles Haar“).

Diese Aschen, Sande, begraben oft fruchtbare Landstrecken und haben auch das beim Ausbruch des Vesuv im Jahre 79 n. Chr. verschüttete Pompeji bedeckt. Das Wasser hat bei Bildung dieser Produkte keine Rolle gespielt, wohl aber können Wassermassen auch diese Produkte fortspülen und Neubildungen veranlassen. Alle jene vulkanischen Schuttgesteine können auch noch verschiedene Zwischenformen annehmen.

Alle Gesteine sind so der Zertrümmerung und Zerstörung ausgesetzt gewesen; aus den Bruchstücken sind neue Gesteine, Ablagerungen oder Bruchmassen entstanden, die im folgenden behandelt werden sollen.

Einzelne besondere Bildungen der Gesteine werden bei den einzelnen Formationen Erwähnung finden können, ganz besonders gilt dies auch bei den folgenden Gesteinen, die oft nur nach den einzelnen Bildungsperioden der Erde unterschieden werden.

h) Trümmergesteine.

(Konglomeratgesteine, klastische Gesteine.)

Durch die Einwirkung des Wassers, auch wohl durch Druck- und Schubverhältnisse haben die Gesteine, die im Laufe der Hunderttausende von Jahren sich gebildet haben, Zertrümmerungen und Umänderungen erfahren, die wieder zu neueren Gesteinsbildungen Veranlassung geben konnten. Einmal konnten die zertrümmerten, verwitterten Gesteine auf ihrer Lagerstätte bleiben (primäre Lagerstätte), wie manche Thone noch unmittelbar ihre Entstehung aus Porphyren zeigen, oder es fanden, was weit häufiger der Fall, Fortspülungen und Absetzungen des mehr oder weniger zerkleinerten Materiales statt (sekundäre Lagerstätte). Durch Zusammenbacken, -kitten oder durch mehr oder weniger zerkleinerte Bruchstücke des Materiales entstanden neue, oft sehr feste Gesteine, während durch Mischung des verschiedensten Materiales lockere Massen entstanden, die wir häufig schlechthin als Erde bezeichnen. Der Erdboden zeigt daher fast überall eine ganz verschiedene Zusammensetzung und die allgemeinen Bezeichnungen geben nur einen ungefähren Anhalt über die Beschaffenheit. Da nun selbst den Hauptbestandteilen noch untergeordnete beigemengt sind, entsteht eine Mannigfaltigkeit des Bodens, dessen Zusammensetzung an einzelnen mineralischen Bestandteilen (thonige, kalkige, quarzige, vulkanische, organische Bestandteile) äußerst einfach und wenig verschiedenartig ist.

Die kalkigen Trümmergesteine, sowie die verschiedenen Arten Kalksteine sind mit in der Mineralogie berührt und finden bei den einzelnen Perioden der Erdbildung eine weitere Berücksichtigung. Von den übrigen mögen einige Hauptgruppen hervorgehoben werden und zwar zunächst die kompakten (feste Massen bildenden), anstehenden Gesteine. Zuerst die

Familie der Thonschiefer, Schiefergesteine.

Ein Teil derselben schließt sich den Urschiefern an (Urthonschiefer vergl. oben S. 165), ein anderer ist etwas jüngeren Ursprunges.

Der Thonschiefer (Phyllit) ist ein undeutliches Gemenge aus höchst feinen Teilen Glimmer, Quarz und Chlorit, öfter mit feldspatartigem Gestein, zuweilen kohlehaltig; meist gleichartig aussehend; enthält 50 bis 60 Proz. Kieselsäure. Deutlich schieferig; Bruch splitterig bis erdig. Farbe vorherrschend grau, schwärzlichgrau, grünlich und bläulichgrau, seltener violett, rot, braun, schwarz; durch Verwitterung zuweilen gelblich. Das Pulver ist meist weißlichgrau, bei Gegenwart von viel Kohle jedoch auch schwarz. Zufällige Gemengteile der Thonschiefer sind: Chiastolith, Staurolith, Granat, Turmalin, Eisen-

kies. Die kiesel- und glimmerreichen Thonschiefer widerstehen der Verwitterung; die weichen, insbesondere die eisenkieshaltigen Schiefer, meist jüngeren Ursprunges, ändern die Farbe, zerbröckeln und liefern guten Thon- und Lehmboden.

Arten: gemeiner Thonschiefer; Grauwackenschiefer und Grauwacke, ein schieferiges Gestein von überwiegendem Kieselsäuregehalt und zugleich körnigem Gefüge: Dachschiefer, schwarzgrau, wird zum Dachdecken und oft zu Schreibtafeln benutzt (Goslar am Harz, Rüdesheim); Griffelschiefer (Sonneberg in Thüringen); Wetzschiefer, sehr quarzhaltig, deshalb sehr hart und als Schleifstein geeignet (Thüringen); Fleck- oder Fruchtschiefer, mit helleren, meist fruchtkornähnlichen Flecken und Knoten; Zeichenschiefer, enthält soviel Kohle, daß er weich ist, abfärbt und als natürliche schwarze Kreide benutzt wird (Haselbach in Thüringen); Alaunschiefer, besonders viel Kohle, Eisenkies und Thon enthaltend, wird zur Alaunfabrikation benutzt; er verwittert an der Luft sehr leicht, es entstehen dabei die Sulfate von Thonerde und Eisenoxydul (Gräfenthal, Sonneberg in Thüringen); Kohlenschiefer und Brandschiefer, von kohliger oder bituminöser Masse oft durchdrungen, bis zur Brennbarkeit.

Die Thonschiefer gehören verschiedenen Formationen an und werden oft nach denselben benannt. Vielfach stehen die Thonschiefer den Urschiefern (Glimmerschiefer 2c.) sehr nahe.

Familie der Sandsteine.

Diese sehr allgemein verbreiteten und bekannten Gesteine sind eine Verbindung kleiner, abgerundeter oder eckiger Körner durch ein mitunter kaum bemerkbares Bindemittel. Der Sandstein ist körnig und kommt in allen Farben vor. Seine Körner bestehen aus Quarz, das Bindemittel ist gewöhnlich Quarz, Thon, Kalk, Mergel, seltener Eisenoxyd. Man unterscheidet hiernach: quarzigen, thonigen, kalkigen, mergeligen und eisenschüssigen Sandstein. Das Verhältnis zwischen den Quarzkörnern und dem Bindemittel ist sehr verschieden, doch ist letzteres gewöhnlich in geringerer Menge vorhanden.

Finden sich einzelne größere Geschiebe in dem Gesteine, so nennt man es konglomeratartigen Sandstein. Als untergeordnete Gemengteile gesellen sich zu den Quarzkörnern zuweilen Glimmerblättchen, Feldspat-, Hornblende- oder Grünerdekörnchen. Durch letztere erhält er eine grünliche Farbe und daher den Namen Grünsandstein (glaukonitischer Sandstein), ein mergeliger oder thoniger Sandstein, bei dem neben den Quarzkörnchen Glaukonit, wasserhaltiges Aluminium-, Eisen-Silikat mit Kaliumoxyd und Wasser, Grünerdekörnchen sich finden. Außerdem kommen noch mancherlei andere Gemengteile im Sandstein vor, von welchen wir nur der rundlichen Ausscheidungen von Thon gedenken, die Thongallen heißen.

Manche andere Benennungen des Sandsteins, wie Keupersandstein, Liassandstein u. s. w., beziehen sich auf erst später zu entwickelnde Lagerungsverhältnisse oder auf besondere Versteinerungen (Spiriferensandstein,

Schilfsandstein), oder auf besondere Vorkommnisse (Alpen-, Vogesen-, Deistersandstein, Wiener Sandstein und Karpathensandstein. Der Name Flysch (nördliche Alpen) bezeichnet eine Schichtenreihe, die viel Sandstein, so die genannten, enthält; auch der Macigno, ein eisenschüssiger kalkiger Sandstein, gehört hierher. Nach seinen eigentümlichen Absonderungen ist der Quadersandstein (Teufelsmauer am Nordharz; sächsische Schweiz) benannt. Glimmersandstein oder Psammit sind dickschieferige Gesteine genannt worden, die aus Quarzsand, mit Glimmer, der bis zur Hälfte ausmacht, bestehen. Arkose wird ein grobkörniger, aus der Verkittung zerstörter granitischer Gesteine hervorgegangener Sandstein genannt, der deshalb Feldspatkörner einschließt. Molasse (Schweiz) ist ein kieseliger Sandstein mit einem Bindemittel von kohlensaurem Kalk.

In dem Sandstein besitzen wir eins der wertvollsten Materiale zu mannigfachen Zwecken. Als Baustein ist er ganz vorzüglich geeignet, da er sich sehr leicht mit dem Hammer zurichten läßt. Die feinkörnigen und gleichmäßig gefärbten Arten geben einen vortrefflichen Stoff zur Bildhauerarbeit, und sind namentlich zu den reichen und herrlichen Verzierungen unserer alten Dome verwendet worden. Die Farbe des Sandsteines geht von Weiß durch Gelb, Grünlichgelb, Rot, Rotgelb ins Bräunliche, Braunrot und Braun, welche letztere Färbung namentlich in Württemberg von großer Schönheit angetroffen wird. Außerdem kommt er als ganz roter Sandstein, sog. bunter Sandstein, als Hauptbestandteil der einen Formation (Trias) vor, ebenso in den früheren Schichten des Rot- und Weißliegenden.

Zum Straßenbau ist der Sandstein wenig geeignet, aber die härteren Arten geben Mühlsteine, Schleifsteine, und manche plattenförmige werden zum Dachdecken verwendet. Der aus der Verwitterung des Sandsteines hervorgehende Boden ist einer der unfruchtbarsten, da ihm Kali, Natron und die Fähigkeit, die Feuchtigkeit zurückzuhalten, fast gänzlich abgehen. Nur Sandstein mit überwiegend thonigem oder mergeligem Bindemittel ist dem Anbau günstiger.

Zu den Sandsteinen ist auch Itakolumit (Gelenksandstein) zu rechnen, ein schieferiges Gemenge von Quarzkörnern und -körnchen mit Glimmer- oder Talkschüppchen. Manchmal sind die Platten von so geringer Dicke, daß sie sich biegen lassen (Gelenkquarz). Der Itakolumit kann auch den Quarziten angeschlossen werden (Quarzschiefer); er findet sich als Muttergestein der Diamanten in Brasilien (Berg Itakolumi), in Nord- und Südkarolina.

Familie der Tuffe (Traß).

Unter diesem Namen begreift man lockere, mürbe, bis feste Gesteine, meist herrührend von einem erhärteten vulkanischen Schlamm, mit Einschlüssen von losen Krystallen, Gesteinsbrocken, auch organischen Resten. Je nach dem vorherrschenden Material, das zu ihrer Bildung diente, unterscheidet man Porphyrtuff, Grünsteintuff, Schalstein, Basalttuff (Palagonit) und Trachyttuffe. Farbe und Aussehen der Tuffe sind nach ihrem Ursprunge und Material sehr verschieden.

Von den letztgenannten hat besondere Wichtigkeit der Bimssteintuff, da er, mit Kalk vermischt, den hydraulischen Kalk oder Cement bildet. Ein ausgedehntes Lager desselben findet sich unter dem Namen Traß oder Duckstein im Brohlthal bei Andernach. Derselbe besteht aus einer graugelblichen, rauh anzufühlenden Masse von zerriebenem Bimsstein, häufig Brocken desselben, sowie von Grauwacke, Basalt und Lava, Krystalle von Sanidin, Augit, Hornblende, Glimmer, auch verkohlte Äste und Blätter einschließend. Gleiche Verwendung hat der bei Neapel vorkommende Posilipptuff oder Puzzolan (Pozzuoli), vergl. Verwendung der Mineralien S. 144.

Als Baustein dient der Peperin (Pfefferstein) des Albaner Gebirges, der durch zahlreiche Krystalleinschlüsse gefleckt ist und daher seinen Namen hat. Die römischen Katakomben sind in einen braunen Tuff eingegraben. Von diesen vulkanischen Tuffen sind wohl zu unterscheiden:

Der Kalktuff, ein meist lockeres, zelliges Kalkgestein, entstanden durch Niederschlagung von kohlensaurem Kalk aus kohlensäurehaltigen Gewässern, häufig Schaltierreste und Abdrücke von Blättern einschließend. Als Beispiel dient der Travertin von Tivoli, neben Peperin der gewöhnliche Baustein Roms.

Eigentliche Konglomerate und Breccien.

Die Natur dieser Gesteine ist angedeutet durch die für ihre Bezeichnung gewählten Namen. Konglomerat bedeutet „Zusammengehäuftes", und Breccie soviel wie „Bruchwerk", hier insbesondere Bruchgestein. Wenn eine Gesteinsmasse, die man Bindemittel, Cement oder Teig nennt und die aus thonigem, kalkigem oder kieseligem Material besteht, abgerundete Mineralgeschiebe verkittet, so bilden diese ein Konglomerat, während eckige Gesteinsbruchstücke miteinander verbunden Breccie genannt werden. Es kommen jedoch mit den abgerundeten Stücken des Konglomerates auch fast stets scharfkantige gemengt vor, so daß diese Trümmergesteine nicht durchweg bestimmt in die beiden erwähnten Abteilungen zu trennen sind. Je nach Art der Geschiebe erhalten die Konglomerate verschiedene Namen, z. B. Granit-, Gneis-, Basalt-, Quarz-, Kalksteinkonglomerat oder Nagelfluh (am Rigi) u. s. w., Serpentinbreccien am Kap mit Diamanten (Kimberley). Die Größe der Bruchstücke (Fragmente) ist sehr verschieden (erbsen- bis kopfgroß).

Zu den Konglomeraten zählt man auch viele Grauwacken, in denen Stücke von Quarz, Kieselschiefer oder Thonschiefer durch ein thoniges und quarziges Bindemittel fest verbunden sind (sind sie schieferig: Grauwackenschiefer genannt); verschwindet die feinkörnige Struktur fast ganz, so daß die Masse homogen erscheint, so nennt man sie dichte Grauwacke (gewöhnlich thoniges Bindemittel, vergl. oben).

Der Puddingstein (Flintkonglomerat) besteht aus verkitteten Bruchstücken des Feuersteines (bis faustgroß) verschiedener Farbe. Der Cement (Bindemittel) ist von gelber oder grauer Farbe und feuerstein- oder hornsteinähnlich.

In ähnlicher Weise, wie bei den Konglomeraten, unterscheidet man Granit-, Porphyr-, Kalkstein-, Knochenbreccie, welche letztere aus

mehr oder weniger wohl erhaltenen Knochen und Knochenstücken, auch Zähnen verschiedener Tiere, öfter mit Einschluß von Schaltieren und Gesteinsstücken besteht. In der Voraussetzung, daß einige Breccien durch gewaltsame Reibung eines flüssigen Gesteines an einem festen entstanden sind, nennt man dieselben Reibungsbreccien (kataklastische Breccien), wie z. B. Porphyrmasse mit Thonschieferbruchstücken. Einige Breccien, die als Gemenge verschieden gefärbter und gestalteter Gesteinsbruchstücke, besonders nachdem sie geschliffen und poliert sind, ein sehr hübsches Ansehen haben, werden zu verschiedenen Bauzieraten verwendet, und haben mancherlei, ihrem Aussehen entsprechende Namen erhalten, wie z. B. die aus Bruchstücken von Granit, Porphyr und Diorit bestehende Breccia verde d'Egitto und die verschiedenen Marmorbreccien, die als violetta antica, dorata, pavonazza (pfauenblau) bezeichnet werden.

Eigentümlich sind Breccien aus Erzgesteinen in Brasilien (Minas Geraes). Das Tapanhoancangagestein enthält zoll- bis fußgroße Bruchstücke von Eisenerzen (Eisenglanz, Magneteisenstein), die durch ein Eisenerzbindemittel (Roteisenstein, Brauneisenstein, Eisenocker) zusammengehalten werden. Zufällige Bestandteile sind Gold, Diamant, Rutil (auch wohl gediegenes Eisen). Ferner nördlich der Alpen das Haselgebirge, thonige Massen, die Steinsalzbruchstücke und Bruchstücke benachbarter Gesteine enthalten (Hallstadt, Hallein).

Konglomerate und Breccien können als Bausteine und zum Straßenbau benutzt werden; sie geben beim Verwittern einen Ackerboden, dessen Beschaffenheit von den Gesteinen abhängig ist, aus welchen die Masse jener Trümmergebilde zusammengesetzt war. So giebt das Grauwackenkonglomerat einen steinigen und dadurch lockeren, thonigen Boden. Das Konglomerat des Rotliegenden hat ein sandiges oder thoniges Bindemittel, mit eingeschlossenen Geschieben von Porphyr, Gneis, Granit, Glimmerschiefer, Thonschiefer u. s. w., welche meist als unzersetzte Steine in dem thonigen und sandigen Boden liegen bleiben. Basaltkonglomerat liefert in der Regel einen sehr fruchtbaren Lehm- und Thonboden.

Lockere Mischgesteine.

Thone. Mit Hinweisung auf S. 119 bezeichnen wir den Thon als ein scheinbar gleichartiges Gemenge aus kieselsaurem Aluminium mit etwas kohlensaurem Kalk und Kiesel (Kieselsäure). Er ist dicht, erdig, weich, zerreiblich, in Wasser erweichend und formbar. Er kommt in allen Farben vor, selbst schwarz, durch Erdpech gefärbt. Man unterscheidet den hellen, gemeinen Thon, den Salzthon (ist mit Steinsalzteilen gemengt und durch Kohle dunkel gefärbt), Töpferthon, Pfeifenthon, Kaolin (Porzellanerde, an ursprünglicher Lagerstätte).

Als Baumaterial wird nur der zu Thonstein verhärtete Thon älterer Gebirgsbildung verwendet. Die Verwertung des bildsamen Thones in der Töpferei ist bereits hervorgehoben worden, wie auch über Entstehung der Thone aus den Feldspaten, die bei der Verwitterung das kieselsaure Alkali verloren haben, schon einiges erwähnt ist. Die Thone sekundärer Lagerstätten

enthalten fast immer Eisenverbindungen (Eisenoxydulsilikat die grauen, Eisenhydroxyd die gelben und braunen Thone), Gelberde. Thonschichten oder stark thonhaltige Schichten sind für Wasser undurchlässig. Sehr kalkhaltige Thone werden an einzelnen Orten Tegel genannt (Österreich).

Walkerde nennt man eine, wahrscheinlich aus der Zersetzung von Grünstein hervorgegangene weiche, zerreibliche Masse von unebenem Bruche, grob- bis feinerdig und fettig anzufühlen. Die Farbe ist grau, grünlich, gelb bis weiß. Die Walkerde enthält etwa 10 Proz. Thon und bis 60 Proz. kohlensauren Kalk, ($CaCO_3$), und ist dem Bolus nahe verwandt; mit Wasser giebt sie einen unbildsamen Brei, der bei der Tuchbereitung zur Entfettung des Tuches benutzt wird.

Bol oder Bolus (Erdscholle), H. = 1 bis 2, G. = 2 bis 2,5, enthält wie die Thone Wasser und besteht hauptsächlich aus Thonerde-Eisenoxydsilikat. Hierher gehört der Fettbol (mit hohem Eisengehalt), die Bergseife (Habichtswald), der Kimolit (Insel Kimolo), der auch zum Walken benutzt wurde, Umbraerde (Cypern, Manganverbindungen enthaltend) und andere als Malerfarben benutzte Thone: Terra di Siena (braun, für Freskomalerei).

Als verhärtete Thone sind anzusehen:

Porzellanjaspis (in der Nähe von Braunkohle und Basalt, durch Hitze verhärtet, Meißner); Steinmark (Neurode in Schlesien, Zinnwald in Sachsen 2c.). Manche der Thone fanden medizinische Verwendung, wie der Bolus (rot und weiß), die lemnische Erde, Siegelerde (Sphragid, sächsische Wundererde); das Eisensteinmark, bläulich oder bläulichrot gefärbt, stark eisenhaltig (sächsische Wundererde, Planitz bei Zwickau).

Die Terra rossa des adriatischen Küstenlandes ist ein thoniger Rückstand (thoniger Kalkstein mit Eisen- und Mangangehalt), auch in Missouri sehr verbreitet.

Terra cotta, Bildwerke aus gebranntem Thon (Etrurien, Griechenland). Für die Terrakotten eignen sich besonders nicht zu leicht schmelzbare Thone.

Mergel nennen wir ein scheinbar gleichartiges, unkrystallinisches Gemenge aus kohlensaurem Kalk und Thon, welches dicht bis erdig, auch schieferig, selten feinkörnig ist. Die Mergel sind grau, gelblich, rötlich, grünlich, bläulich, schwarz, weiß, bunt; sie verwittern und zerfallen an der Luft gewöhnlich sehr bald. Mit verdünnter Salzsäure brausen sie schwach auf. Je nach dem Vorwalten des einen oder anderen Bestandteiles und der Beimengung weiterer Minerale unterscheidet man: gemeinen Mergel; Kalkmergel; Thonmergel; Kieselmergel; sandigen Mergel; bituminösen Mergel, der mit Erdpech (Bitumen) gemengt und oft schieferig ist; endlich Kupferschiefer, ein bituminöser Mergelschiefer von schwarzer oder dunkelgrauer Farbe, der ausgezeichnet ist durch seinen Reichtum an Kupfererzen und der außerdem noch Kobalt-, Nickel- und Silbererze führt (Mansfeld, Richelsdorf in Hessen), vergl. S. 100 und 148.

Als Baumaterial läßt sich der Mergel wegen seiner schnellen Verwitterung in keiner Weise gebrauchen. Um so wertvoller ist er für den Landbau, und man schätzt den Mergelboden als den allerfruchtbarsten, wobei jedoch zu bemerken ist, daß er nicht unter 10 und nicht über 60 Proz. Calciumkarbonat

(Kalk) enthalten darf. Magere Sand- und Kalkböden verbessert man deshalb durch Zufuhr und Überdeckung von Mergel. Kalkreiche Mergel werden gebrannt und als hydraulischer Kalk oder Cement angewendet. Die Mergel treten besonders in Gegenden mit geschichteter Gebirgsbildung, z. B. in Schwaben, auf.

Löß ist ein erdiges, lockeres Gemenge aus Thon, Kalk (kohlensaurem Kalk), Sand; von gelblichgrauer Farbe. Außerordentlich ausgebildet sind die Lößbildungen im Inneren von Nordamerika (Great Basin), und vor allem im Inneren Asiens: in China sind sie bis 500 m mächtig (Provinz Schansi, im Thale des Hoangho). Auch im Rheinthale ist der Löß sehr verbreitet (er ist wahrscheinlich aus Staubabsetzungen hervorgegangen) und enthält oft verschiedene mineralische Einschlüsse (Kalkkonkretionen, „Lößknödel", „Lößkindel") und tierische Überreste. Verwittert der Löß, so daß der Kalkgehalt ziemlich gering wird, so entsteht der Lößlehm.

Letten ist ein sehr eisenoxydreicher Thon, rötlich (Schieferletten), auch bläulich, im Zechsteinbereiche, zu dem auch der Kupferschiefer gehört; auch bunt gefärbt (Keuperletten) oder mit vielen Pflanzenresten (Kohlenletten, Lettenkohle, Thüringen).

Lehm ist ein Thon, welcher sehr viel Sand (Quarz, Kieselsäure) enthält; er ist durch Eisenhydroxyd stark gelb, gelbbraun gefärbt und für Wasser durchlässiger als Thon. — Geschiebelehm ist grauer, gelblicher, brauner bis schwarzer, oft kalkhaltiger Lehm; er enthält fast immer Sand und ist entstanden durch Zerdrückung und Zermalmung verschiedener Gesteine, durch Eis (Gletscherlehm).

Laterit ist ein Lehm, der namentlich für das Kongobecken, überhaupt aber für viele Tropengegenden eigentümlich ist; er ist in der Regel rot, stark eisenhaltig. Er entsteht aus anstehenden Gesteinen, deren Struktur in der Tiefe oft erkennbar ist; an der Oberfläche hat er oft einen zelligen, schlackigen Habitus angenommen unter Einfluß der Abspülungen und Fortführungen der Atmosphärilien (Granit-Gneis-Laterit).

Die Grünerde unterscheidet sich von den Thonen durch Magnesiagehalt; sie ist ein Zersetzungsprodukt der Augit-Hornblendemineralien (Silikate von Kalk, Thonerde, Magnesia, Alkalien mit Wasser); grün, dunkelgrün, grünschwarz (Terra verde di Verona vom Monte Baldo wird als Farbe verwendet). Hierher gehört auch Glaukonit, der reicher an Kalisilikat ist (daher als Düngemittel dienend; New-Jersey) und oft körnig vorkommt; Grünsand nennt man aus einem Grünsandstein entstandenen Sand. Glaukonit findet sich thonigen, kalkigen und sandigen Gesteinen beigemengt, vergl. Sandsteine, S. 175. Vergl. auch Verwendung der Mineralien, S. 144.

Häufig enthalten die Lehme Geschiebe und größere oder kleinere Gesteinsstücke.

Tschernosem oder Schwarzerde nennt man einen Lößlehm, der sehr viel organische Substanzen (bis 10 Proz.) enthält. Er hat eine große Verbreitung im mittleren und südlichen Rußland und in den Prairien Nordamerikas (Schichten bis zu ca. 7 m Dicke bildend), auch findet er sich in der Magdeburger Börde. Sehr fruchtbarer Boden.

Schotter, Schutt, Kies, Sand, Gruß, Gerölle.

Unter Schutt versteht man eine lockere Anhäufung von Gesteinsbruchstücken, gleichsam Breccie ohne Bindemittel, während Kies oder Gerölle eine Anhäufung von Geschieben, also Konglomerat ohne Bindemittel ist. Große Geröllstücke werden Blöcke genannt; erratische Blöcke sind scharfkantige Bruchstücke, oft von mächtigem Umfange, die man weit von ihrer ursprünglichen Lagerstätte an Orten findet, wohin sie getragen von Gletschern oder von schwimmenden Eisbergen gelangt sind. Der Sand ist eine lockere Anhäufung von Mineralkörnern, meistens aus Quarz bestehend, Grus nennt man die unverbundenen Teile irgend eines bestimmten Gesteines; so besteht z. B. Granitgrus aus Körnern von Quarz, Glimmer und Feldspat ohne Zusammenhalt. Diese Produkte sind ganz verschiedenartig nach dem Gestein, nach der Größe der Bruchstücke, nach der Anhäufung beschaffen und enthalten meist noch Teile des Bindemittels (Kalk, Thon u. s. w.). So sind manche Sande nicht reine Quarzsande, sondern sie enthalten auch Körnchen von Feldspat, Hornblende, Glimmerschiefer (spaltbar), ferner Magneteisenstein und andere Mineralien (Magneteisensande, am Ausflusse des Lorenzstromes, auf der nördlichen Insel von Neu-Seeland, Monacitsande in Brasilien). Schotter ist Kies mit gröberem Gerölle. Seifen sind Kies- oder Sandablagerungen, welche Erzstückchen, Stückchen edler Metalle oder auch Edelsteine enthalten (Goldseifen in Kalifornien, Zinnseifen auf Banka, Malakka, Platinseifen am Ural). Vergl. Mineralogie.

Trümmergebilde von eigentümlichem Charakter bieten die Umgebungen der Vulkane, wie vulkanische Bomben, rundliche bis fußdick ausgeworfene Schlackenmassen; Lapilli oder Rapilli, Anhäufungen kleinerer Bruchstücke von Lava; vulkanischer Sand, aus schwarzem Lavasand bestehend; vulkanische Asche, Lava, die zu einer aschenartigen, feinen Masse von grauer Farbe zerstäubt ist (vergl. oben S. 173).

Dammerde, Humusboden, Ackererde oder Fruchterde nennen wir die oberste Schicht der Erdrinde. Sie ist keine mineralogisch bestimmte Bodenart, sondern das Produkt der Einwirkung des gesamten Pflanzen- nnd Tierlebens auf den aus der Verwitterung irgend eines Gesteines hervorgegangenen Boden. Die Reste der verwesenden organischen Körper sind mit den zerfallenen Gesteinsteilchen innig gemengt, und erteilen diesen meistens eine dunklere, mitunter schwarze Farbe und die Fähigkeit, das Wachstum der Pflanzen wesentlich zu befördern. Die Dammerde fehlt jedoch an manchen Stellen der Erde gänzlich. Wo z. B. ausschließlich Kalk- oder Quarzgesteine die Oberfläche bedecken, da entbehrt die Pflanzenwelt der Bedingungen des Lebens, oder sie kann sich nur in so untergeordneter Weise entwickeln, daß die Bildung der Dammerde nicht möglich wird (Wüsten, Steinwüsten, Sandwüsten, Dünen, vergl. später).

Die Erde enthält stets Wasser und kalkige, thonige, sandige Bestandteile neben organischen Überresten. Auch Gase sind in der Erde eingeschlossen enthalten, sowie lösliche oder unlösliche Salze. Beim Ackerbau tritt hervor, daß für viele Pflanzen bestimmte unorganische Bodenbestandteile und bestimmte Salze notwendig sind, die oft nur in kleinen Mengen vorhanden zu sein

brauchen (Alkalisalze, Phosphate u. s. w., Salzflora, Kalkflora u. s. w.). Wo bestimmte Bestandteile entzogen sind, müssen dieselben dem Boden wieder ersetzt werden (durch mineralischen, künstlichen Dünger, Superphosphate, worüber die Agrikulturchemie Aufschluß giebt; vergl. auch das Leben der Pflanzen im I. Teil des vorliegenden Werkes, S. 55 u. ff.).

Hierher sind auch die ersten Verwitterungskrusten, sowie die Moorerde, Torf (Torfboden) zu zählen (vergl. Neubildungen und Verwitterung).

II. Historische Geologie.

(Geognosie.)

(Stratigraphie: Lagerungslehre, Formenlehre, — Geotektonik: Aufbau der Erdrinde, Formationslehre.)

Die Gesteine, welche unsere Erdoberfläche bilden und, wie gezeigt ist, keine große Verschiedenheit der Arten darbieten, sind dadurch so mannigfaltig, daß einmal ihre Mischung eine sehr verschiedene ist, dann aber auch dadurch, daß die Anordnung der Masse und die Art und Weise der Bildung ihren ganzen Charakter bedingt. Die krystallinischen Massengesteine (Granit), die metamorphischen Schiefer oder Urgesteine (Urthonschiefer, Glimmerschiefer), die Sedimentgesteine (Konglomerate, Sandstein, homogener Kalkstein) und Schuttgesteine (Lehm, Schotter, Thon, Mergel, Sand) sind nach ihrem Vorkommen äußerst mannigfaltig; fast keine Stelle der Erde ist genau so zusammengesetzt wie die andere, wenn auch die Hauptbestandteile überall dieselben sind.

Die analytischen Untersuchungen der Gesteine (Bestimmung der chemischen Zusammensetzung) können daher nur einen ungefähren Anhalt über den Charakter des Gesteins geben. Es ergiebt sich aus dieser Thatsache, daß die Gesteine sich unter verschiedenen Bedingungen und zu verschiedenen Zeiten aus der Art nach nicht sehr verschiedenem Material aufgebaut haben, und es mußte Aufgabe weiterer Untersuchungen sein, die Anordnungen des Materials und die Zeitfolge der Bildung zu bestimmen. Die Regelmäßigkeiten und Gesetzmäßigkeiten stellten sich bald heraus; man unterschied bestimmte Schichten, die in mannigfaltigster Weise ihre Lage geändert und Verschiebungen erfahren hatten, man erkannte, daß bestimmte Schichten zusammengehören und sich zu bestimmten Gruppen vereinigen lassen. Eine horizontale Schicht, die sich über einer anderen abgesetzt hat, ist offenbar jünger als die letztere, und auch bei den aufgerichteten und verschobenen Schichten konnte eine bestimmte Reihenfolge dem Alter nach festgesetzt werden. Ein wertvolles Hülfsmittel neben der Lagerung für Bestimmung des Charakters der Schicht waren die Überreste der Organismen, welche in den einzelnen Schichten sich fanden (Petrefakten, vergl. das Buch der Natur, Teil I, Paläontologie, S. 366 u. ff.). Wenn in verschiedenen Gegenden in den einzelnen Schichten genau dieselben Versteinerungen (Leitfossilien, Leitmuscheln) vorkommen in dem entsprechenden oder auch verschiedenem Gestein, wird man annehmen können, daß diese Bildungen in gleichen Zeiträumen stattgefunden haben. Man erhält durch die

Versteinerungen und organischen Überreste auch einen Anhalt über die Frage, ob die Absetzungen aus Meerwasser oder Süßwasser sich gebildet haben, da Organismen, welche in ähnlichen Formen heute an Süßwasser gebunden sind, auch in früheren Zeiten der Erdbildung daran gebunden gewesen sein werden (Absetzungen aus dem Meere werden pelagische, aus Binnenseen limnische genannt; ihnen reihen sich die littoralen oder Strandbildungen und Brackwasserbildungen in ehemaligen Haffs, sowie die fluvialen Absetzungen der Flußläufe an).

Man faßt dann Gruppen von ähnlichen Schichten unter dem Namen Formation zusammen, die wiederum zu Epochen oder Zeitaltern oder Systemen gruppiert werden. Dabei ist nur festzustellen, daß alle diese Bildungen allmählich entstanden sind, daß oft allmähliche Übergänge stattfinden, sowie daß die Vorstellung von völliger Zerstörung früherer Epochen oder Schöpfungen durch gewaltsamen Untergang des Bestehenden, durch Weltkatastrophen (Katastrophentheorie), den Thatsachen nicht entspricht. Nicht durch ruckweises Heben sind die Gebirge entstanden, sondern durch allmähliche Verschiebung der Schichten, hervorgerufen durch Zusammenziehung der Erdrinde unter Beihilfe der andauernden, allzerstörenden, ebnenden und vertiefenden Wirkung der Erosion durch Wasser. In dem Anhange Gebirgsbildung (Orogenie) soll eine kurze Skizze dieser Verhältnisse gegeben werden. Die Vorgänge und Veränderungen der unorganischen Natur, welche wir heutzutage auf der Erde wahrnehmen, zum Teil im Laboratorium im kleinen nachahmen können, sind dieselben wie vor hunderttausenden von Jahren; im Laufe der Zeit werden auch Umgestaltungen und Neubildungen auf der scheinbar so unveränderlichen Erde durch Bildung neuer Schichten entstehen; hat doch schon die historische Zeit bedeutende Änderungen an den Küsten (Nordseeküste u. s. w.) deutlich hervortreten lassen!

Die eben dargelegten Verhältnisse bilden den Inhalt der Geognosie und lassen sich gliedern in:

A. Stratigraphie (Schichtenlehre) nebst Orographie (Gebirgslehre).

B. Formationslehre, Orogenie (Gebirgsentstehung).

Beide faßt man auch unter dem Ausdruck historische Geologie (Geognosie, Erdkenntnis) zusammen. Daß die historische Geologie, ebenso wie die dynamische, welche von den jetzigen Änderungen der Erdoberfläche handelt, mit der Geographie in engstem Zusammenhange steht, ist natürlich; beide sind, da sie den Aufbau der Erdoberfläche lehren, Teile der Geographie und man könnte den ersten Teil allgemeiner als Morphologie der Erdoberfläche (Gestaltungslehre) bezeichnen, der dann auch die Gliederung der einzelnen Länder und Kontinente, sowie die Orographie im weiteren Sinne (Habitus der Gebirge, als Plateau-Massengebirge, Kuppengebirge, Ketten- und Kammgebirge) und die Oberflächenformen des Meeresgrundes (dessen Relief) mit einschließen würde. Da mit dem Gebirge Thal und Ebene unmittelbar zusammenhängen, gestaltet sich das Ganze dann zu einer Darlegung des Reliefs der Erdoberfläche, das beschrieben, und dessen Entstehung dargelegt werden müßte. Auf einzelne Reliefformen wird in der dynamischen Geologie eingegangen werden (Höhlen,

Meere, Kegelberge, Thalbildungen u. s. w.) und auch im folgenden werden Teile der Erdmorphologie berührt werden müssen, während eine systematische Darlegung der gesamten Verhältnisse nicht gegeben werden kann.

A. Stratigraphie.

(Schichtenbeschreibung. Schichtenlehre. Gestaltung der Gesteine.)

1. Absonderungen.

Niemals trifft man Gesteinsmassen von einiger Ausdehnung, die vollkommen gleichförmig zusammenhängend sind. Auch an den dichtesten und härtesten nehmen wir Zerteilungen oder Absonderungen wahr, die durch Klüfte oder Spalten von sehr verschiedener Größe und Weite gebildet werden. Die Entstehung der letzteren kann man sich an einer feuchten Thonmasse oder an einer geschmolzenen Schlacke versinnlichen. Indem erstere austrocknet und letztere erkaltet, ziehen sich ihre Teile zusammen, und es entstehen Risse und Spalten. Die Zerklüftung einer Gesteinsmasse kann aber auch durch ihre Ausdehnung bewirkt worden sein, deren Grund in einer innerlich vorgegangenen Umänderung beruht, wie z. B. darin, daß in derselben eine Gasentwickelung eingetreten (bei vielen Laven), oder Wasser chemisch gebunden worden ist, oder daß ein Übergang in den krystallinischen Zustand stattgefunden hat. Eine also hervorgerufene Ausdehnung wird um so mehr die Spaltung des betreffenden Gesteins zur Folge haben, wenn dieselbe einem Widerstand begegnet. Je nachdem nun auf die eine oder andere Weise die Absonderung in größere oder kleinere Partieen sich vollzieht, werden die Gesteine unregelmäßig massig, oder vielfach zerklüftet genannt.

Nicht selten findet jedoch die Absonderung der Gesteinsteile mit einer gewissen Regelmäßigkeit statt, die wahrhaft überraschend ist und dem Gestein den Anblick eines von Menschenhänden bearbeiteten Werkes verleihen kann. So giebt es Gesteinsmassen, die in ihrem Inneren kugelförmige Absonderungen zeigen, um welche weitere Schichten schalenförmig sich anlegen. Solche Kugelabsonderungen finden sich fast bei allen krystallinischen Gesteinen: Kugelgranit (Kynast), Kugeldiorit, Kugelporphyre, Kugelperlit, Kugelbasalt (bei Bertrich i. d. Eifel). Bei den Sedimentgesteinen entspricht dieser sphäroidischen Struktur die Oolithstruktur (ᾠόν = ōón, Ei). Das Gestein besteht aus kleinen kugelförmigen Körnern, die man mit dem Fischrogen verglichen hat (Rogensteinstruktur, z. B. oolithischer Kalkstein); werden die Körnchen größer, so nennt man die Bildung Erbsenstein (Pisolithe, von πίσος = pisos, Erbse). Häufiger ist das Gestein in Pfeiler zerklüftet, die meistens die Gestalt von sechsseitigen Säulen haben. Solche Säulen finden sich ausgezeichnet schön am Basalt, aber auch am Porphyr, Trachyt und Phonolith. Öfter sind solche Säulen der Quere nach in kleine Stücke abgesondert, in welchem Falle man sie gegliedert nennt. Mit dem Ausdruck stänglich bezeichnet man kleine Säulen, die mit ihrer Größe an regelmäßiger Bildung abnehmen. Die Mandelsteinstruktur (Porphyre ꝛc.) ist schon oben S. 168 erwähnt. Flaserig

nennt man die Struktur, wenn die Bestandteile der Gesteine nach einzelnen, ziemlich parallelen Richtungen abgeschieden sind (einige Gneise, Laven). Auch spricht man von einer gebänderten, einer faserigen, einer Sandsteinstruktur, Ausdrücke, die in sich selbstverständlich sind.

Am gewöhnlichsten ist jedoch die plattenförmige Absonderung der Gesteine. Die daraus entstehenden Platten sind mehr oder weniger regelmäßig von parallelen Flächen begrenzt und mitunter so dick, daß sie ungeheure Blöcke bilden, oder sie erscheinen mehr als Tafeln, die bis zum Schieferigen sich verdünnen.

2. Schichtung der Gesteine.

Die plattenförmig abgesonderten Gesteine sind oft von ganz besonderer Art. Ihre Bildung läßt alsdann erkennen, daß die übereinander liegenden Platten nicht gleichzeitig, durch das Festwerden und Zusammenziehen der Gesteinsmasse, sondern daß sie nach und nach entstanden sind. Dies wird namentlich dadurch deutlich, daß inmitten einer solchen Gesteinsschicht öfter dünne Zwischenlagen sich befinden, z. B. Kalksteinschichten, die durch Mergel getrennt sind. Dies findet sich besonders bei den sedimentären Gesteinen (Sedimentgesteinen), d. h. den aus dem Wasser abgesetzten Gesteinen. Verschiedene Thatsachen beweisen diese Entstehungsart der Schichten unwiderleglich. So findet man häufig in den geschichteten Massen eingebettete Muscheln und Schnecken. Waren es Tiere, die in dem Schlamme oder Sande, woraus die Schicht entstand, lebten, so stecken sie demgemäß in derselben, nämlich senkrecht zur Schichtungsfläche; schwammen sie dagegen auf dem Wasser, aus welchem eine Schicht sich absetzte, so findet man sie nach dem Tode ruhig der Schwere gemäß mit dem breiten Teile abgelagert. Auch Rollsteine finden sich dem entsprechend stets so, daß ihre platte Seite aufliegt, und wo Pflanzengebilde, wie Baumstämme, eingebettet wurden, da sieht man ihre Achse senkrecht zur Schichtungsfläche. Es lassen sich ähnliche Schichtenbildungen im kleinen noch täglich an unseren Bächen und Flüssen nachweisen und leicht aus denselben Materialien, wie sie in der Natur vorkommen, künstlich darstellen [1]). Indem wir später auf ihre Entstehung nochmals zurückkommen, betrachten wir zunächst einige besondere Eigentümlichkeiten der Schichten.

Die parallelen Flächen, welche eine Schicht einschließen und die Absonderungsflächen von anderen Schichten bilden, heißen die Schichtungs-

---

[1]) Die Schichtungen lassen sich leicht künstlich darstellen in folgender Weise: Man nehme einen nicht zu engen (6 bis 8 cm weiten) Glascylinder und bringe folgende Materialien hinein: Dünensand, Kreide in gröberen Stückchen und fein zerriebenen, fein geschlemmten Thon und schüttele das Ganze mit Wasser durcheinander und lasse stehen; man sieht, daß der Sand mit den gröberen Stückchen (auch Kies ist sehr geeignet) sich zuerst absetzt, dann die Kreide und der Thon und die feinsten Teilchen die oberste Schicht bilden; bei Wiederholung des Versuchs setzen sich die Materialien genau in der Reihenfolge ab, wie vorher. Man kann so beinahe sämtliche Sedimentbildungen nachahmen, auch das Einbetten von organischen Überresten u. s. w. („Das geologische Experiment in der Schule", von Schwalbe, siehe Zeitschr. f. phys. u. chem. Unterricht 1897, 1898.)

klüfte. Unter dem Liegenden einer Schicht wird das zunächst unter derselben Befindliche verstanden, während ihr Hangendes das über ihr befindliche Gestein ist (vergl. Vorkommen der Mineralien S. 150).

Die Schichtung eines Gesteins ist nicht zu verwechseln mit der Schieferung (clivage) desselben. Letztere hat sich nicht während des Absatzes der Schicht, sondern nachher gebildet; sie kann der Schichtung parallel sein, häufig kreuzt sie jedoch dieselbe in der verschiedensten Richtung. Überdies kann eine geschichtete Masse in ihrem Inneren wieder Zerklüftungen darbieten die nachträglich durch verschiedene Ursachen bewirkt wurden. Diese Gebilde sind wesentlich mit unter Einfluß von hohem Druck entstanden und finden sich häufig im geschichteten Gestein. Die Schieferungsrichtung kann einen Anhalt für spätere Beeinflussung der Schichtung bilden.

Wenn geschichtete Gesteinsmassen die bei ihrer Bildung eingenommene Lage unverändert beibehalten haben, so liegen dieselben söhlig, d. i. wagerecht, also parallel zur Oberfläche der Erde und regelmäßig übereinander, vergleichbar den Blättern eines Buches, wie Fig. 145 zeigt. Die Dicke oder Mächtigkeit (*aa*) der einzelnen Schichten ist jedoch höchst ungleich, denn es giebt deren, die kaum 1 cm dick zwischen anderen sich hinziehen,

Fig. 145.

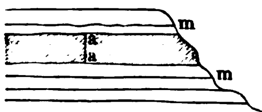


Fig. 146.

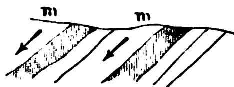
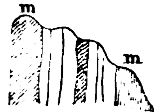


Fig. 147.

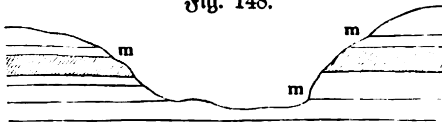


welche 7 bis 10 m mächtig sein können. Häufig findet man jedoch die Schichten gegen die Oberfläche der Erde geneigt, Fig. 146, oder sie stehen gar senkrecht zu derselben, wie in Fig. 147, was man die aufgerichtete Schichtung nennt. Derjenige Weg, den das auf die Fläche einer geneigten Schicht gegossene Wasser nehmen wird, bezeichnet die Neigung oder das Fallen oder Einfallen der Schichten gegen den Horizont, dieses ist in Fig. 146 durch die Pfeile angedeutet. Die Richtung, welche eine Schicht in ihrer Verbreitung in Beziehung auf die Himmelsgegend einnimmt, nennt man das Streichen derselben, die Schicht streicht von S.W. nach N.O.

Wir finden hier also dieselben Ausdrücke wie im Bergbau wieder.

Den an die Oberfläche der Erde hervortretenden Teil einer Gesteinsschicht, wie *mm* bei Fig. 145, 146, 147 und 148, nennt man das Ausgehende oder zu Tage Gehende oder Anstehende derselben. Bei aufgerichteten und geneigten Schichten, wie Fig. 146 u. 147, heißen die zu Tage gehenden Teile wohl auch Schichtenköpfe. Die söhlig liegenden Schichten treten meistens dadurch hervor, daß Thäler durch Flüsse ausgespült werden, wie Fig. 148 zeigt, oder daß die Schichten durch Straßenbauten, Steinbrüche oder das Meer bloßgelegt werden, welch letzteren Fall wir in Fig. 149 veranschaulicht sehen.

Fig. 148.



Sehr oft keilen sich die Schichten aus, d. h. sie nehmen nach einer Richtung hin an Mächtigkeit beträchtlich ab, und verschwinden entweder ganz

Fig. 149.

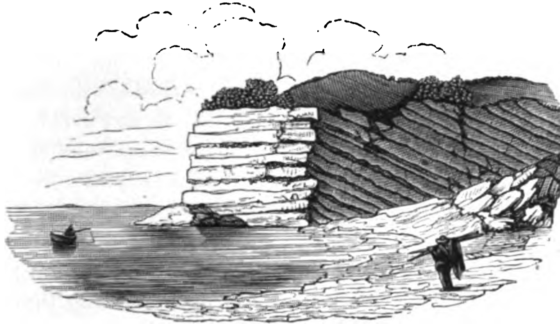
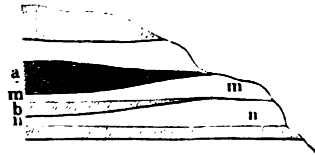


Fig. 150.



oder ziehen sich nur noch als kaum erkennbare Fäden zwischen den Gesteinen hin, wie *a* und *b*, Fig. 150. So geht es namentlich bei den Steinkohlen, wo man mitunter beim Verfolgen einer Schicht von geringer Mächtigkeit die Entdeckung macht, daß sie die Auskeilung eines mächtigeren Lagers ist.

Es erklärt sich hieraus, wie mitunter an einem Punkt Schichten unmittelbar aufeinander zu liegen scheinen, wie z. B. *m* und *n*, Fig. 150, die doch an einer anderen Stelle, bei *b*, voneinander getrennt sind.

Offenbar haben die geneigten und aufgerichteten Schichten nicht mehr ihre ursprüngliche Lage, sondern sind durch eine spätere einwirkende Ursache aus derselben gebracht worden. Dies ist jedoch nicht die einzige Veränderung, welche die Schichten erleiden, sondern häufig findet man den regelmäßigen und parallelen Verlauf derselben mehr oder minder gestört, und sie erscheinen alsdann nicht mehr so gleichmäßig wie die Blätter eines Buches übereinander gelagert, sondern gebogen, gewunden, wie bei Fig. 151 und 152.

Fig. 151.

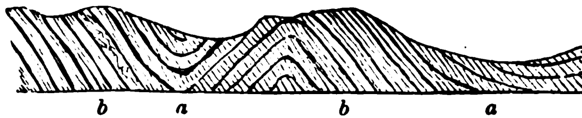
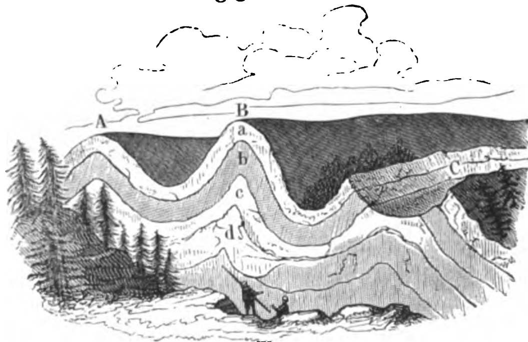


Fig. 152.

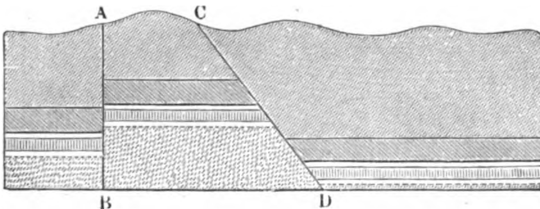


Bei Fig. 151 bezeichnet die Schraffierung eine später eingetretene Schieferung der gebogenen Schichten, die eine eigentümliche, von letzteren ganz unabhängige Richtung hat, so daß sie an manchen Stellen (*aa*) senkrecht zu derselben ist, an anderen (*bb*) derselben parallel geht. Solche Verbindungen der Schichten, die bald wellenförmig, bald zickzackartig sind und bis zur Zerbrechung gehen,

schreibt man einem starken, von der Seite wirkenden Drucke auf die Schichten zu (Faltungen, Wölbungen).

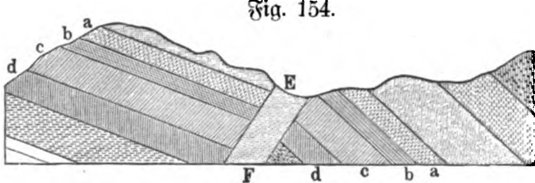
Andere Erscheinungen werden durch einen von unten wirkenden Druck hervorgerufen; hierdurch entstehen nicht nur die geneigten und aufgerichteten Schichten, sondern letztere können selbst umgekippt oder zersprengt werden, so daß ihre Ränder lippenartig einander gegenüber stehen und durch eine Spalte oder durch eine Ausfüllungsmasse voneinander getrennt sind. Hierbei finden insbesondere die sogenannten Verwerfungen (faults, failles) der Schichten statt, wenn durch einen von unten wirkenden Druck nur ein Teil der Schichtung verschoben wurde, wie bei Fig. 153, der von *ABCD* eingeschlossene Teil. Oder es hat eine von unten aufsteigende Masse *FE*, Fig. 154, einen Teil der Schichten *abcd* stärker aufgerichtet als den anderen. Es ist klar, daß auch durch Senkung von Schichten ähnliche Wirkungen hervorgebracht sein können.

Fig. 153.



Die in den Gesteinsschichten entstandenen Klüfte und Spalten sind sehr häufig mit ganz anderem Material ausgefüllt, das meist bandartig geordnet ist. Diese Gänge sind oft mit Quarz oder krystallinischem Kalkkarbonat, auch Flußspat, Baryt u. s. w., der Gangart, ausgefüllt, während das Muttergestein Bergart heißt, und enthalten vielfach Erze der Metalle, Erzgänge. Diese sind es, die dem Bergmann den Hauptgewinn liefern. Die engeren Spalten und Risse bilden, wenn sie ausgefüllt sind, die Adern, die sich oft verzweigen und den verschiedensten Verlauf zeigen (Ausläufer); Quarzadern, Kalkspatadern, Erzadern sind außerordentlich häufig. Über diese Verhältnisse ist im Anhang Bergbau näheres mitgeteilt. (Vgl. Mineralogie S. 146 u. ff.)

Fig. 154.



3. Äußere Gesteinsformen.

Nach dem bisher Vorgetragenen belehrt uns die vergleichende Betrachtung des Baues der Erdrinde, daß alles Material, woraus dieselbe zusammengesetzt ist, seiner allgemeinen Natur und Entstehung nach in folgende vier Gruppen sich unterscheidet:

1. Massengestein, auch Eruptivgestein genannt;
2. Schiefergestein, genauer krystallinisch-schieferiges Gestein, auch metamorphisches oder Ummandlungsgestein genannt;
3. Schichtungsgestein, auch sedimentäres oder Flötzgestein genannt;
4. Ganggestein. (Vergl. Abschnitt Mineralogie S. 148.)

Hiervon treten die drei ersten Gruppen als die vorherrschenden Hauptmassen auf und werden nur in schwächeren Adern von dem Ganggesteine durchzogen. Unverkennbar verdanken letztere ihre Entstehung den Spalten, Sprüngen und Rissen, die beim Erhärten der Hauptgesteine durch Zusammenziehung entstanden und die nachträglich durch eingedrungene Mineralmasse ausgefüllt worden sind. Hieraus erklärt sich die ziemlich regellose Verbreitung der Gesteinsgänge, die jedoch an gewissen Störungen sich beteiligen, die ihre Hauptgesteine erleiden. Auch aus diesem flüchtigen Blick auf diese Verhältnisse gewinnen wir sofort die Überzeugung, daß diese verschiedenartigen Teile der Erdrinde nicht gleichzeitig entstanden, oder nicht gleichzeitig in ihre jetzige Lage gekommen sind, daß wir vielmehr hier einem geschichtlichen Verlauf, einer Bildungsgeschichte entgegen gehen.

Die Massengesteine (auch plutonische genannt) zeigen niemals eine wirkliche Schichtung, wie sie im Vorhergehenden charakterisiert wurde, sondern nur regellose Zerklüftung oder die oben erwähnten, eigentümlichen Absonderungen. Sie sind fast sämtlich krystallinisch, mitunter dicht, auch schlackig, porphyrartig, aber nicht schieferig, und enthalten niemals Versteinerungen organischer Gebilde. Die Art ihres Auftretens läßt erkennen, daß sie in einem erweichten Zustande aus der Tiefe emporgedrungen sind, daß sie dabei andere Gesteine in ihrer urspünglichen Lage mehr oder weniger gestört haben, in Spalten derselben eingepreßt wurden, und teilweise stromartig überfließend, dieselben überdeckten. Man rechnet hierher den Granit, Syenit, Porphyr, Grünstein, Trachyt, Basalt und die Lava, welche teils unregelmäßige massige Gebirge, teils einzelne Stöcke und Kuppen bilden.

Zu dem krystallinischen Schiefergesteine rechnet man den Gneis, Glimmerschiefer, Talkschiefer, Chloritschiefer, Hornblendeschiefer und einige Arten des Thonschiefers, die nicht nur vielfach Übergänge unter sich bilden, sondern auch durch den Gneis in Granit übergehen, mit dem sie vorzugsweise vergesellschaftet vorkommen, indem nicht selten ein granitischer Kern von einem Mantel krystallinischer Schiefer umhüllt ist. So bilden sie die Hauptmasse einiger der größten Gebirge, z. B. der Alpen. Ihr wesentliches Merkmal ist ihre krystallinisch schieferige Bildung, sowie der Mangel irgend welcher Versteinerung. Man hält sie, wie erwähnt, für die ältesten Gesteine, für Bruchteile der ersten Erdrinde, die zwar ursprünglich von geschichteter Ablagerung gebildet war, welche jedoch nachträglich in den krystallinisch-schieferigen Zustand übergeführt wurde.

Die dritte Hauptgruppe wird von den Schichtungsgesteinen (den neptunischen) gebildet, deren Charakter bereits ausführlich dargestellt wurde. Regelmäßige Ablagerung aus Wasser erzeugte die parallelen Schichtungen, in welche oft zahllose Reste tierischer und pflanzlicher Gebilde als sogenannte Versteinerungen eingebettet sind. Kalksteine verschiedener Art, Dolomit, Mergel, Thon, Thonschiefer, Quarzfels, Sandstein, Konglomerate und Tuffe, wechseln miteinander und treten nur dadurch in Gebirgsform auf, daß sie aus ihrer ursprünglichen Lage gehoben, zerbrochen und aufgerichtet, sowie von Gewässern ausgenagt worden sind.

Hier sind auch die besonderen, wenngleich untergeordneten Formen zu

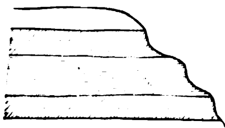
erwähnen, wie die **Tropfsteinbildungen**, Gebilde von kohlensaurem Kalk, die **Stalaktiten**[1]) heißen, wenn sie von einer Decke herabhängen und wachsen, wie vom Dach herabhängende Eiszapfen, oder **Stalagmiten**[2]), wenn sie am Boden aufsitzen und durch auffallende Tropfen von unten nach oben wachsen. Sie entstehen in Höhlen aus Kalkstein (Hermanns- und Baumannshöhle a. Harz, Adelsberger Grotte in Krain, sowie fast in allen Höhlen der Kalkgebirge, vergl. Anhang Höhlen), indem kohlensäurehaltiges Wasser ihre Decke durchsickernd kohlensauren Kalk (Calciumkarbonat) auflöst, und indem die Kohlensäure dann entweicht und das verdunstende Wasser den kohlensauren Kalk zurückläßt, der dann die mannigfachen Formen der Tropfsteine bildet. **Krustengebilde** (**Inkrustationen**) entstehen, wenn mineralhaltige Gewässer, die irgend einen Gegenstand bedecken, verdunsten und auf diesem einen mehr oder minder dicken mineralischen Überzug zurücklassen.

Oft sind die Zwischenräume der Gesteine kapillar, so daß Flüssigkeiten mit gelösten Stoffen haben leicht eindringen können. So sind ganze Schichten imprägniert mit anderen Stoffen, an den Berührungsflächen haben sich merkwürdige baumartig-moosartige Zeichnungen gebildet, die sogen. **Dendriten**, vergl. Fig. 155 A und B (häufig auf Kalksteinen); die Infiltrationen (Einsenkungen) erstrecken sich weit in das Gestein hinein. Aus diesen erklärt sich oft die bunte Marmorierung der Gesteine, wie sie heutzutage bei buntem Stuck und ähnlichem Material künstlich erzielt wird. Auch diese Gebilde lassen sich leicht künstlich erzeugen, so daß die Richtigkeit der Erklärung unmittelbar nachweisbar ist. Bei der Beschreibung einzelner Mineralien und Gesteine wurde wiederholt darauf hingewiesen, daß man dieselben künstlich darstellen kann.

4. Lagerung.

Wenn wir im Vorhergehenden belehrt wurden, daß als Hauptmaterial des Baues der Erdrinde massiges, krystallinisch-schieferiges und geschichtetes Gestein verwendet worden ist, aus dem dann durch Zertrümmerung Fortführung und Mischung die lockeren, unsere Erde bedeckenden Schichten entstanden, so fragt es sich jetzt, in welcher Weise sich nun diese Glieder des Baues miteinander verbinden, was als Fundament dient, kurz woran erkennen wir, wie der Bau begonnen und weiter geführt wurde. Da geht es denn allerdings, wie mit manchem uralten Bauwerke aus Menschenhänden, das nachträglich mehrmalige Zerstörungen, Wiederherstellung und Umbauung mit Bruchstücken des Urbaues durchgemacht hat, so daß Älteres und Jüngeres oft bis zur Unkenntlichkeit vermengt sich vorfindet.

Fig. 156.



Die Beobachtung ergiebt, daß die **Schichtungen** unter sich mannigfache Verhältnisse darbieten, indem sie z. B. entweder alle parallel und wagerecht übereinander liegen, Fig. 156, oder indem geneigte oder aufgerichtete Schichten von wagerecht gelagerten überdeckt sind, Fig. 157, woraus hervorgeht, daß

[1]) Von σταλακτός = stalaktos, tröpfelnd, und [2]) von στάλαγμα = stalagma, das Geträufelte, der Tropfen.

Fig. 155 A.

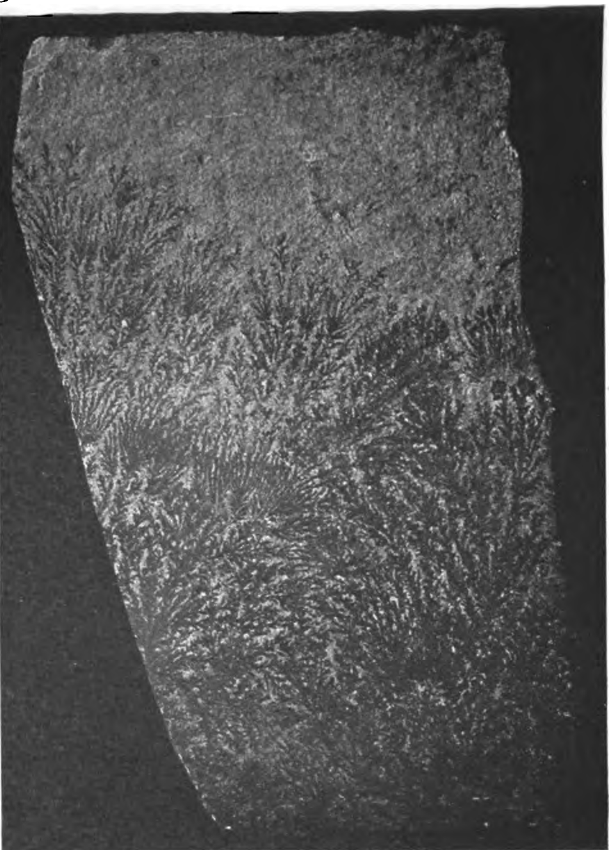


Fig. 155 B.



Eisendendriten vom Jurakalk bei Kelheim in Bayern.

(Nach der Natur.)

Sie bestehen aus blumen- und moosartigen Zeichnungen auf dem weißlichgrauen Kalksteine und wurden früher öfters als Abdrücke angesehen. Zeichnungen wie Fig. 155 B erhält man leicht mit verschiedenem Kalkstein (Rüdersdorfer Kalkstein), in dem man eine Eisenvitriollösung und Lösung von übermangansaurem Kali in Kalkstein oberflächlich einsickern läßt. Auch mit porösem Papier kann man ähnliche Zeichnungen und Gebilde erhalten.

erstere schon in ihrer Lagerung verändert worden sein mußten, ehe letztere sich absetzten.

Die Massengesteine bilden Stöcke, Kuppen, Ströme, Decken und Lager. Sie treten gewöhnlich nebeneinander stehend auf, und nur selten wird das eine vom anderen in wagerechter Richtung in bedeutender Verbreitung überdeckt. Dagegen sind die stockförmigen und schollenförmigen Ineinanderlagerungen nicht ungewöhnlich, wo, wie in Fig. 158, die große Masse eines Gesteins von einem anderen zum Teil oder gänzlich umschlossen ist, wie z. B. Granit von Gneis. Hierbei kommt es vor, daß das innere Gestein, beim Durchbrechen des anderen, Stücke von diesem losgerissen und gänzlich umschlossen hat.

Die Gänge verbreiten sich stets mehr in senkrechter Richtung, nach dem Inneren der Erde, als in wagerechter oder wenig geneigter. Häufig sind alle ein Gestein durchsetzende Gänge untereinander fast ganz parallel.

Fig. 157.

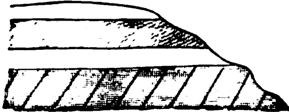
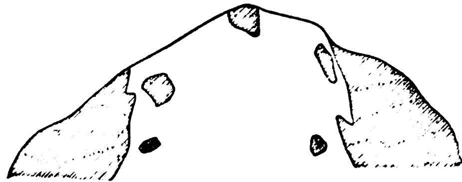


Fig. 158.



Durch Störung der Lage des Gesteins, in dem sie enthalten sind, werden auch die Gänge selbst aus ihrem Zusammenhang gebracht, zerrissen oder verworfen, was im Bergbau oft bedeutende Schwierigkeiten im Verfolgen eines erzreichen Ganges macht. Auch kreuzen und durchsetzen sich die Gänge gegenseitig, vergl. S. 149.

Aus einer genauen Erwägung aller berührten Lagerungsverhältnisse lassen sich nun die wichtigsten Folgerungen darüber gewinnen, welches der vorhandenen Gesteine älter oder, was gleichviel sagen will, welches derselben am frühesten erhärtet ist. Im allgemeinen lassen sich in dieser Beziehung mit voller Bestimmtheit die folgenden Grundsätze aufstellen:

Obere Schichtungen sind neuer (jünger) als untere; Gesteine, welche die regelmäßige Schichtung ihrer Nachbarn gestört haben, sind neuer als diese; scharf abgesonderte Stöcke in der Mitte von anderen Gesteinen sind in der Regel neuer als diese; Gesteine, welche Bruchstücke oder Geschiebe einschließen, sind jünger als die, von denen die Bruchstücke oder Geschiebe herrühren; Gänge sind jünger als ihr Nebengestein und jünger als die von ihnen durchsetzten Gänge; endlich, wenn ein Gestein jünger ist als ein zweites, und älter als ein drittes, so ist auch das zweite älter als das dritte.

Ferner zeigt sich, daß eine ganze Reihe Gesteine durch die in ihnen enthaltenen Organismen ein besonderes Gepräge erhalten haben, ja durch dieselben direkt gebildet sind (Muschelkalk, Spiriferensandstein, Spongitenkalk, Nummulitenkalk, Foraminiferen-, Korallenkalkstein, Knochenbreccien, Infusorienerde, Polierschiefer und Kieselguhr, Kreide 2c.).

Die Verhältnisse der Thal- und Gebirgsgestaltung werden im Anhang besprochen werden.

Über die historische Entwickelung der Anschauungen, die zeitweise sich sehr schroff entgegenstanden, da die eine hauptsächlich die Sedimente, die andere die krystallinischen Massengesteine als Grundlage der Erklärungen nahm, mag hier das Nachstehende genügen.

Plutonismus und Neptunismus. Die Ansicht, wonach eine glutflüssige innere Erdmasse vorhanden ist und Haupt-Anteil hat an den geologischen Bildungen, wird als Plutonismus bezeichnet. Im Gegensatz hierzu erscheint der Neptunismus, der die Entstehung der Formationen aus wässerigen Niederschlägen hervorgehen läßt. Die Vertreter beider Ansichten, die Plutonisten und Neptunisten, konnten nur so lange in einem unversöhnlichen Streit sich befinden, als man die Entwickelungsgeschichte der Erde ausschließlich der einen oder der anderen dieser Bildungsweisen zuschrieb. Unserer Darstellung nach haben beide daran Anteil.

Nach der plutonistischen Ansicht verdanken die Eruptivgesteine ihre Entstehung der Krystallisation aus glutflüssiger Masse. Dem entgegen wird behauptet, daß diese Gesteine, mit Ausnahme der Lava, auf wässerigem Wege gebildet worden sein müßten und zwar aus folgenden Gründen: Vergleicht man die Bestandteile des Granits vor dem Lötrohr, so ist der Quarz unschmelzbar, der Feldspat schwer schmelzbar, der Glimmer leicht schmelzbar. Wenn der Granit aus einem glühenden Teig entstanden ist, so mußten folglich zuerst Krystalle von Quarz sich ausscheiden, dann von Feldspat, zuletzt von Glimmer. In Wirklichkeit findet man aber, daß die Feldspatkrystalle bereits vor dem Erhärten des Quarzes sich ausgeschieden haben, indem ihre Ausbildung niemals durch bereits vorhandene Quarzkrystalle gestört erscheint, wohl aber der umgekehrte Fall vorkommt. Auch stimmt das specifische Gewicht der Bestandteile des Granits nicht mit dem überein, welches dieselben Minerale zeigen, nachdem sie im Feuer geschmolzen worden sind. Es ist ferner festgestellt, daß nicht nur der Granit, sondern auch andere Eruptivgesteine stets eine Spur von Wasser enthalten und daß in den Hohlräumen derselben häufig Krystalle von Mineralen sich finden, z. B. Sphärosiderit, Kalkspat und Zeolith im Basalt, die in der Glühhitze sich zersetzen, folglich aus geschmolzener Masse sich nicht bilden konnten.

Es läßt sich aber hierauf erwidern, daß in Gemischen verschiedener chemischer Verbindungen der Erstarrungspunkt der Gemengteile verändert und abhängig ist von den Mischungsverhältnissen und daß das specifische Gewicht nachträglich sich wieder hergestellt haben kann. Auch wird zugegeben, daß bei Entstehung der Eruptivgesteine das Wasser einen wesentlichen Anteil habe, aber in Dampfform und unter hohem Druck. Überhaupt müssen die Bedingungen bei der Bildung der meisten Minerale ganz eigentümliche, uns teilweise noch unbekannte und unerreichbare gewesen sein, denn in der That ist es bis jetzt ebensowenig gelungen auf nassem Wege, — d. h. durch Krystallisation aus wässeriger Lösung — Krystalle und Krystallaggregationen von Quarz, Feldspat, Glimmer u. a. m. herzustellen, als auf feurigem Wege. (Vergl. Mineralogie S. 42.)

Auf das Überzeugendste haben endlich die mikroskopischen Untersuchungen der krystallinischen Gesteine über deren Bildungsweise Aufschluß gegeben. Bei

allen beweist das mehr oder minder häufige Vorkommen von Gaseinschlüssen ihre Entstehung auf glutflüssigem Wege.

Am Schluß wird die Entstehungsgeschichte der Erde, die „Geogenie“ nach den jetzigen Hypothesen und Anschauungen gegeben werden.

B. Der Aufbau der Erde.

(Die Gliederung der Schichten. Formationsgruppen und Einzelformationen. Formationslehre.)

1. Einleitendes.

Nicht überall auf der Erde sind dieselben Formationen zur Ausbildung gekommen, ja selbst auf verhältnismäßig kleiner Fläche haben sich große Verschiedenheiten in der Zahl und Art der vorhandenen Bildungen gezeigt. Heutzutage werden sich auf dem Festlande, wie auch früher an Orten, welche nicht von Wasser bedeckt sind, Absetzungen, die durch Sedimentieren entstehen, nicht bilden können, wohl aber sehen wir solche Bildungen an der Mündung der Flüsse, in den Flüssen, an den Küsten, und auf dem Meeresgrunde und Boden der Landseen entstehen; würden Hebungen erfolgen oder die Flüsse einen anderen Lauf nehmen, die Schichten erhärten, so wären an diesen Stellen fluviale (Fluß-) oder fluviomarine Bildungen vorhanden. In ähnlicher Weise können Meeresbildungen zu Tage treten: Korallenkalkstein und Muschelkonglomerate bilden sich am Meere noch heute; würden diese mit Sand und Schlamm bedeckt und änderte sich die Wasserverteilung, so würden besondere Schichten beobachtet, die den Bildungen früherer Epochen gleichen würden, in anderen Gegenden aber würden diese Schichten fehlen. Die Verschiedenartigkeit und die Unterbrechung in der Reihenfolge der Formationen ist also dadurch mit bedingt gewesen, daß die Bedeckung von Land durch Wasser zu verschiedenen Zeiten verschieden war; die Verteilung zwischen Wasser und Land ändert sich auch heute noch.

Auf dem Boden der Oceane, der im allgemeinen ein weniger verschiedenartiges Relief hat als das Festland, entstehen fortwährend Neubildungen, sowohl auf chemischem als auf mechanischem Wege. Auf chemischem Wege bilden sich die Kalkabsetzungen. An manchen Küsten verkitten diese den Sand zu einem porösen Sandstein (Filtrierstein), wie auf den Kanarischen Inseln, am Mittelmeer bei Nizza, Messina. Eigentümlich sind die in dem Meeresschlamm sich vorfindenden Formen, welche Coccolithe, Diskolithe, Coccosphären u. s. w. genannt werden. Es sind dies sehr kleine Kalkkörperchen von der Gestalt einfacher ovaler Scheiben (Diskolithe) oder ähnliche Doppelknöpfchen (Cyatolithe), durch deren Aneinanderlagerung Hohlkugeln (Coccosphären) entstehen. Manche nehmen für diese Bildungen organischen Ursprung an. Die Coccolithe finden sich in ungeheuren Mengen in den Absetzungen des Meeres (7 Mill. in einem Cubikcentimeter Schlamm).

Zu den mechanischen Absetzungen gehört neben Sandbänken, Barren, Untiefen, Nehrungen, Strandwällen, Küstenseen und anderen littoralen

Bildungen, wie den Marsch- und Geestbildungen, der Tiefseeschlamm, den man als Globigerinenschlamm und Tiefseethonschlamm in den tiefsten Stellen findet. Der Globigerinenschlamm besteht aus thoniger Masse mit Mineralkörnchen und zahllosen Überresten von Foraminiferen (vergl. Buch der Natur, Tl. I, S. 379). Diese Massen werden später ganz ähnliche Gesteine geben, wie wir sie in den Molassebildungen haben; auch Produkte, welche vulkanischen Ursprungs sind, bedecken einzelne Stellen des Meeresbodens. Die Bildung von Salzlagern mit Abraumsalzen in abgeschlossenen Meeresbecken sei nur angedeutet (Kaspisches Meer, Karabogasbai). Diese geologischen Bildungen auf dem Meeresboden, bei denen chemische Prozesse und hoher Druck jedenfalls mit einen bedeutenden Einfluß ausüben, nebst dem organischen Leben des Meeres zu erforschen, ist eine Aufgabe der Tiefseeexpeditionen (wie solche von den Schiffen Challenger, Gazelle, Valdivia ausgeführt sind), die natürlich auch die Erforschung der ganzen Meerestiefen in Beziehung auf Verteilung und Beschaffenheit der Lebewesen zur Aufgabe haben. Die Untersuchungen haben gezeigt, daß das tierische Leben außerordentlich tief herabsteigt und daß dort sonderbare Formen existieren. Man nennt solche Fahrten auch wohl Planktonexpeditionen, weil das Plankton (*πλαγκτόν*, das Umherschweifende, von *πλάζειν*, in die Irre treiben) zu untersuchen die Aufgabe ist. Die Grundproben werden durch das Lot mit einer Vorrichtung zum Absuchen des Bodens mit einem Schleppsack heraufgebracht, der überhaupt, wie das Schleppnetz (feinmaschige Netze mit 10000 Maschen pro Quadratcentimeter), auch zum Auffischen („Dredschen“, von to dredge) der Lebewesen des Meeres dient.

Die Neubildungen machen es also auch erklärlich, daß Formationen an bestimmten Stellen fehlen müssen.

Nach der geologischen Erforschung der nicht mit Meer bedeckten Erdrinde hat man eine Reihe von Epochen aufgestellt mit Formationsgliedern. Nimmt man das Areal des gesamten festen Landes zu 134,5 Mill. Quadratkilometer an (Gesamtoberfläche der Erde 510 Mill. Quadratkilometer), so sind geologisch 98 Mill. Quadratkilometer erforschtes, 36,5 Mill. unerforschtes Gebiet, also circa 27 Proz. aller Kontinente, wobei festzuhalten ist, daß uns die Oberfläche überhaupt nur bis zu einer geringen Tiefe zugänglich ist. Dabei ist die zugängliche Oberfläche oft mit Material bedeckt, welches hindert, tiefer liegende Schichten zu erforschen (Wüstensand Schnee- und Eisbedeckung), so daß man auf die darunter liegenden Teile nur aus den stellenweis freiliegenden Schichten schließen kann.

Es ist auch naturgemäß, daß mit der fortschreitenden Erforschung der Erdoberfläche neue Schichten und Gesteine gefunden werden können und dann eingereiht werden müssen, so der mesozoische Wüstensandstein Australiens und der Laterit, eine in den feuchten Tropengegenden (Kongobecken; Brasilien) sehr ausgedehnte Verwitterungsschicht, die (vgl. oben S. 180) aus einem thonigen Sand (60 bis 80 Proz.) mit viel Eisenhydroxyd gebildet, und von gelbroter bis roter Farbe, an der Oberfläche zersprungen ist, so daß sie oft ein netzförmiges, schlackenähnliches Aussehen hat; in der Tiefe sind oft Übergänge in das ursprüngliche Gestein wahrnehmbar.

Die Benennung der Hauptepochen ist von verschiedenen Gesichtspunkten ausgegangen. In der Paläontologie (vergl. Tl. I, S. 367 ff.) ist das Haupteinteilungsprinzip nach den organischen Überresten festgehalten:

I. Urzeit oder archäische, azoische Periode oder Epoche. Das erste Weltalter.

II. Altertum der Erde, paläozoische Periode. Das zweite Weltalter; mit den Formationen: Kambrische Formation, Silurformation, Devon, Kohlenformation (Karbon) und Permformation. Die beiden letzteren werden auch als Dyas zusammengefaßt.

III. Mittelalter der Erde, mesozoische Periode mit den drei großen Formationen: Trias, Jura, Kreide, die wieder in eine Reihe Unterabschnitte zerfallen.

IV. Neuzeit der Erde, känozoische Periode, die in zwei Hauptabschnitte zerfällt, die Tertiärformation, neozoische Periode und die Quartärformation (die beiden Formationen Diluvium und Alluvium [Bildungen der Jetztzeit] umfassend). Als Unterabteilung des Tertiärs sind anzuführen: Eocän und Oligocän, Miocän, Pliocän und Pleistocän, das unmittelbar mit dem Diluvium zusammenhängt und zu diesem zu rechnen ist. Spuren vom Vorhandensein der Menschen reichen bis in das Tertiär zurück.

Nimmt man die petrographischen und stratigraphischen Verhältnisse mit in Berücksichtigung, so erhält man eine sehr große Zahl von Untergruppen; man hat sich so ein ideales Schema von der Bildung und Zusammensetzung der Erdrinde zusammengestellt, und dieses durch Aufbau aus dem entsprechenden Material für einzelne Gegenden zur Anschauung gebracht (wie die geologische Wand im Humboldthain zu Berlin); auch Karten und Abbildungen, Profile, Durchschnitte dienen diesem Zweck.

Ferner ist man bei der Benennung der Hauptepochen von der einfachen Zahl ausgegangen, indem man die azoische Epoche (die Bildungen ohne Überreste organischer Wesen) nicht mitzählt; man unterscheidet dann:

I. die primäre Epoche (paläozoische Periode und Dyas);
II. die sekundäre Epoche (mesozoische Periode);
III. die tertiäre Epoche (neozoische Periode);
IV. die quartäre oder quaternäre Epoche (Diluvium und Alluvium).

In noch anderen Übersichten wird die Bezeichnung durch λίϑος = lithos, Stein, Gestein vermittelt:

I. Archäolithische Gruppe (azoische Periode ohne organische Überreste; Granit, Gneis).

II. Paläolithische Gruppe (primäre Periode und Dyas).

III. Mesolithische Gruppe (von μέσος = mesos, in der Mitte; sekundäre Formation).

IV. Neolithische Gruppe (von νέος = neos, neu; tertiäre und quartäre Formation).

Es soll auch hier, wie es in der Geschichte der Völker geschieht, von der ältesten Zeit, also den zuerst gebildeten primitiven Schichten ausgegangen werden.

Ganz außerordentlich wird der Überblick erleichtert, indem die hauptsächlichsten Formationen zusammengestellt werden (vergl. auch die zum vorliegenden Abschnitt, S. 197, gegebene Übersicht).

Ein Gebirge, das die einfachsten geologischen Verhältnisse darbietet, wird oft als Beispiel herangezogen werden, der Harz (vergl. den Anhang Orogenie), wie denn überhaupt auch Deutschlands Aufbau vor allem zur Berücksichtigung kommt. Einen sehr guten Überblick über Deutschland giebt die zuvor erwähnte Wand des Humboldthains, die deshalb als mustergültiges Profil in der an späterer Stelle beigefügten Tafel wiedergegeben werden mag [1]).

2. Einiges über Einzelformationen.

Der Begründer der Formationslehre war ein Deutscher: Abraham Gottlob Werner, geb. 1750, Dozent der Mineralogie und Bergbaukunde in Freiberg i. S., gest. 1817 zu Dresden. Wenn auch sein System, das darauf fußte, daß das Wasser die geologischen Bildungen veranlaßt habe (Neptunismus, vgl. S. 192), ebensowenig wie das einseitig ausgesprochene System, das auf der Wirkung hoher Temperatur des feurig flüssigen Erdinnern (Vulkanismus, Plutonismus) auf die Gestaltung der Erdoberfläche beruhte, sich als richtig erwiesen hat, so legte er doch für die Gruppierung den Grund für alle Länder und für die Wissenschaft überhaupt; ein großer Teil seiner Ausdrücke (z. B. Flötz, Flöz) ist in alle Sprachen übergegangen.

Je mehr aber die Mannigfaltigkeit der Schichten in den einzelnen Ländern hervortrat, desto mehr mußten auch die Benennungen verschieden werden, und es entstanden dadurch oft Schwierigkeiten, daß dieselbe Formation in verschiedenen Ländern verschieden benannt wurde. Bei der jetzt im Werke befindlichen großen geologischen Karte von Europa wird diesem Übelstande in späteren Zeiten abgeholfen werden.

Daß Mineralogie und Geologie in Deutschland ihre Begründung erfahren haben, zeigt sich auch darin, daß viele echt deutsche Ausdrücke in die fremden Sprachen übergegangen oder die in Deutschland gebräuchlichen Namen von anderen Nationen angenommen sind (Flysch, Flöz, Molasse, Keuper, Quarz, Feldspat 2c.); später haben England und Frankreich und jetzt auch Nordamerika einen bestimmenden Einfluß geübt, und so kann es gerechtfertigt erscheinen, die gebräuchlichsten Ausdrücke in den drei Sprachen zusammenzustellen (siehe nebenstehende Tabelle). Die gegebene Formationsgruppierung[2]) ist auch im folgenden zu Grunde gelegt und man wird finden, daß auch manche französischen und englischen Ausdrücke in das Deutsche hinübergenommen sind.

In nebenstehender Übersicht sind die eruptiven Bildungen deshalb nicht mit aufgenommen worden, weil sie sich in ihrer Folgenreihe nicht bestimmen

[1]) Das Profil ist auch in großem Maßstabe in Farbendruck zu beziehen durch P. Stankiewicz' Druckerei in Berlin. — [2]) Die in den einzelnen Rubriken parallel stehenden Formationen sind nicht immer, wie erwähnt, unmittelbar vergleichbar.

Bezeichnungen in Deutschland			Entsprechende Bezeichnungen		
Nach Werner	Systeme oder Formationen	Formationsglieder		in Frankreich	in England
Urgebirge.	I. Schiefer.	Gneis. Glimmerschiefer. Thonschiefer.	Azoische Formation	Système azoïque	Azoic system, (Laurentian rocks).
Primäres Gebirge.	II. Grauwacke (Kambrium, Silur, Devon).	Untere Grauwacke. Obere Grauwacke.	Paläozoische oder primäre Formationen.	Terrain Cambrien. T. Silurien. T. Dévonien.	Cambrian Group. Silurian Group. Devonian Group.
	III. Steinkohle (Karbon).	Untere Formation, Kohlenkalkstein. Obere Formation, Steinkohle.		T. Houiller.	Carboniferous Group.
Sekundäres oder Flözgebirge.	IV. Dyas.	Rotliegendes, Zechstein.		T. Permien.	Permian Group (Magnesian limestone; Kalkstein, Dolomit).
	V. Trias.	Bunter Sandstein, Muschelkalk, Keuper.	Mesozoische oder sekundäre Formationen.	T. Triassique (Grès bigarré [bunter Sandstein], Conchylien, Saliferien [Salz enthaltend] etc).	Triassic Group (New Red Sandstone, New Red Marls (Mergel) [bunter Sandstein]).
	VI. Jura.	Unterer, schwarzer Jura oder Lias (Leias). Mittlerer oder brauner Jura. Oberer oder weißer Jura.		T. Jurassique (Liasien, Bathonien, Corallien etc.).	Lower and upper Lias. Lower and upper Oolitic Group. Wealden [weald, Waldland; Wälderformation].
	VII. Kreide.	Wälderthon, Quadersandstein, Kreide.		T. Crétacé (Neocomien, Turonien etc.).	Cretaceous Gr. (Lower and upper Greensand, Chalkmarl [Kreide, Mergel]).
Tertiärgebirge.	VIII. Tertiärsystem.	Untere Tertiärbildung; Nummulitenschicht. Mittlere Tertiärbildung; Flysche. Obere Tertiärbildung; Molasse.	Känozoische od. tertiäre Formationen.	T. Eocène (Parisien). T. Miocène (Falunien). T. Pliocène (Subappenin).	Eocene Group. Miocene Group. Pliocene Group.
Quartärgebirge.	IX. Diluvium.	Diluviale oder aufgeschwemmte Bildungen.	Quartärformationen.	T. Diluvial.	Diluvium.
	X. Alluvium.	Alluviale, angeschwemmte oder recente Bildungen.		T. Alluvial.	Alluvium.

lassen. Wir beschränken uns darauf anzudeuten, daß die Hauptmassen des Granits gleichzeitig und in inniger Verbindung mit Gneis und den kry-stallinischen Schiefern auftreten, in Begleitung von Syenit und Diorit; eine weitere Erhebung granitischer Gesteine, sowie von Grünsteinen und quarzfreien Porphyren bezeichnet den Übergang zur Grauwacke und Steinkohle. Letztere wird vorherrschend von quarzführenden Porphyren unterbrochen, die mit den Melaphyren im Zechstein am häufigsten auftreten. In der Periode der sekundären Formationen erscheinen Granit, Syenit und Porphyr noch vereinzelt; unberührt bleiben von denselben die tertiären Bildungen, die von Trachyten und Basalten durchsetzt werden. Endlich finden wir die Bildungen des Diluviums von Phonolith, Basalt und basaltischen Laven und die des Alluviums von der Lava erloschener oder thätiger Vulkane beeinflußt, die eine hebende Kraft auf die älteren Schichten nicht ausgeübt haben (vergl. Vulkane und die Zusammenstellung der Verhältnisse der Massengesteine unter 3. Bildungen der Massengesteine).

Für die Klarlegung der Formationen bedarf es vor allem geologischer Karten, in denen die verschiedenen Formationen mit ihren Stufen durch verschiedene Farben und Bezeichnungen (Buchstaben) angedeutet sind. Es mag schon hier auf einige Hülfsmittel dieser Art hingewiesen werden:

Geologische Karte des Deutschen Reiches (nach Vogel), 1:500000, bearbeitet von R. Lepsius; Berghaus' physikalischer Atlas, I. Abt.: Atlas der Geologie, bearbeitet von H. Berghaus, unter Mitwirkung von K. v. Zittel, nach dem Tode des Verfassers fertiggestellt von Lüddecke, Rohrbach und Steimann; auch auf die agronomischen Karten (Bodenkarten) mag hingewiesen werden. Ferner Geologische Karte von Preußen und den thüringischen Staaten 1:25000 (herausgegeben von der k. preuß. geolog. Landesanstalt und Bergakademie); v. Dechen [1]), geologische Karte von Deutschland; v. Hauer [1]), geologische Karte von der Österreichisch-ungarischen Monarchie.

Einige Karten und Kartenskizzen werden auch vorliegendem Werke beigegeben.

a) Archäische (primäre) Formation bis Devon.

α) Azoisches System.

(Ur- oder Grundgebirge; System der Schiefer.)

Wenn man die Gesteine dieser Formation für die ältesten und für solche hält, welche die ursprüngliche Erdrinde bildeten, so sprechen dafür mehrfache Gründe, wie zunächst ihre sehr allgemeine Verbreitung, ferner, daß sie niemals über anderem Gestein lagern, und endlich, daß sie azoisch sind, d. i. keine Versteinerungen von Pflanzen und Tieren enthalten.

Aus letzterem Umstand ist jedoch nicht zu schließen, daß zur Zeit ihrer Entstehung Pflanzen- und Tierleben überhaupt nicht geherrscht habe. Es ist möglich, daß damals bereits die niedrigsten Formen vorhanden waren, Infu-

[1]) Die Karten von v. Dechen und v. Hauer sind, obwohl schon früher erschienen, z. T. noch recht gut brauchbar.

sorien, Quallen und Weichtiere, mit häutiger, gallertiger Körpermasse, die so wenig eine Spur ihres Daseins hinterlassen konnten, als solche von den jetzt lebenden Tieren dieser Art hinterbleiben werden. Überdies glaubte man in Alpenschiefern Spuren von Belemniten und in den körnigen Gebilden eines dieser Formation angehörigen Kalkes in Kanada die Schalen eines Rhizopoden, des Eozoon canadense, erkannt zu haben. Auch liefert wohl das Vorkommen des Graphits in dieser Formation (vergl. S. 203 und Mineralogie S. 76) den Beweis, daß schon in dieser Periode organisches Leben vorhanden war.

Die drei Hauptgesteine dieser Gruppe sind: Gneis, Glimmerschiefer und Thonschiefer. Dieselben sind immer begleitet von Granit oder angelehnt an denselben und werden häufig durchsetzt von Syenit, Diorit, Porphyr; sie enthalten Einlagerungen von Augitgestein, Serpentin, körnigem (krystallinischem) Kalk, Dolomit, Gips, Graphit und führen zahlreiche Erzgänge.

Man hat die Schiefergruppe auch als Phyllitformation bezeichnet (dazu gehören auch Sericitschiefer, Quarzitschiefer ꝛc.).

Der Gneis, welcher als Mittelgestein zwischen Glimmerschiefer und Granit sehr viele Abänderungen zeigt, ist besonders in der Nähe der Porphyrdurchsetzungen reich an Erzgängen. Als Gebirge hat er große Verbreitung, indem der Böhmerwald, das mährische Gebirge, der hohe Rücken und der nördliche Abfall des Erzgebirges, sowie die Südhälfte des Fichtelgebirges zum großen Teil daraus bestehen. Er erscheint ferner, und zwar meistens mit Granit verbunden, im Elbgebiete, Riesengebirge, in den Sudeten, im Spessart, Odenwald, Schwarzwald und in den Alpen.

Der Glimmerschiefer ist durch die Mächtigkeit seines Auftretens sehr bedeutend und bildet als Gebirge breite Felsrücken mit hervortretenden Felskämmen oder zackige Berggipfel und schroffe Thaleinschnitte. Der Hauptzug der Schweizer und Tiroler Alpen besteht aus diesem Gestein, das außerdem in den Sudeten, im Riesen-, Erz- und Fichtelgebirge eine wichtige Rolle spielt, während es im Thüringer Wald, Odenwald und Schwarzwald untergeordnet erscheint. Der Glimmerschiefer führt, namentlich in der Nähe von Durchsetzungsstellen des Granits und Porphyrs, Erzgänge, die beträchtlichen Bergbau veranlassen.

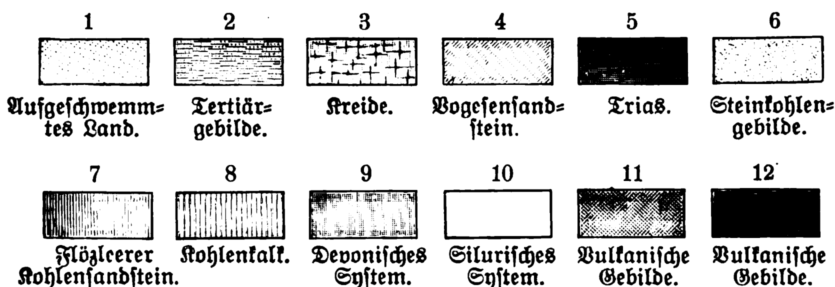
Der Thonschiefer, auch Urthonschiefer genannt, hat weniger Erzgänge und ist von geringerer Verbreitung als die beiden anderen Gesteine. In Deutschland erscheint er am Südabhange des Riesengebirges, an verschiedenen Punkten des Erzgebirges in Sachsen und Böhmen, im Vogtlande, Fichtelgebirge, in Mähren und in den Alpen.

In Nordamerika ist die Urformation in außerordentlicher Verbreitung durch ganz Kanada beobachtet worden; man bezeichnet sie dort als die Laurentische Formation (westliche Hudsonsbai, Barren Grounds). Es gehören zu ihr die berühmten Eisenberge (Iron mountains).

Diese krystallinischen Schiefer sind jedenfalls die ältesten Schichten der Erde, ob sie einen Teil der ursprünglichen Erstarrungskruste der Erde bilden, ist nicht sicher. Vielfach betrachtete man sie als Umänderung von Sedimentmassen und nannte sie zum Teil metamorphische Schiefer (vergl. S. 165).

Fig. 159.

Karte des rheinischen Übergangsgebirges.



β) Paläozoisches System.

(Grauwackensystem, Übergangsgebirge.)

Die Bezeichnung der Grauwacke als Übergangsgebirge deutet darauf hin, daß wir mit ihr an der Grenze der entschieden geschichteten Bildungen angekommen sind. Das Vorkommen zahlreicher Versteinerungen von Weichtieren und Fischen zeigt ferner, daß wir es mit unzweifelhaften Wasserbildungen zu thun haben. Vorzüglich entwickelt findet sich dieses System in England, wo es deutlich in zwei Hauptglieder, in die Silurische und Devonische Formation unterschieden wurde, die ihre Benennungen nach ihrer Verbreitung in Devonshire sowie nach Urbewohnern der Gegend, den alten Siluren, erhielten. In Deutschland sind diese Abteilungen weniger scharf geschieden.

Die bedeutendsten Gesteine dieser Gruppe sind Grauwackenschiefer und Grauwackensandstein, wozu sich namentlich in dem oberen Teile bedeutende Kalksteine und Dolomite gesellen. Ein grauer feinkörniger Sandstein, dessen feste auf den Feldern umherliegenden Stücke „Wacken" genannt werden, hat der Gruppe den Namen verliehen.

Die Verbreitung der Grauwackenformation ist in großer Mächtigkeit über einzelne Teile von ganz Europa und in mehreren anderen Weltteilen, besonders in Nordamerika, beobachtet, wo sie Huronische Formation heißt; ein großer Teil von New-York und das Gebiet des Niagara mit seinem großartigen Wasserfalle gehört derselben an. Sie erscheint häufig als eigentliches Gebirge und bildet in Deutschland das ausgedehnte rheinische Übergangsgebirge, welches von den Ardennen über den Hunsrück, die Eifel, die hohe Venn, den Taunus, Westerwald und das Rothaargebirge sich verbreitet, wie aus der Karte, Fig. 159, ersichtlich ist. Einer beträchtlichen Entwickelung der Grauwackenformation begegnen wir ferner am Harzgebirge (vergl. Tl. I, S. 374, Paläontologie), im Südost des Thüringer Waldes, im nördlichen Fichtelgebirge, im Erzgebirge, Riesengebirge, am westlichen Abhange der Sudeten, im Inneren von Böhmen (Prag) und in den Steierischen Alpen bei Graz. Die Thäler der Grauwackengruppe sind meistens außerordentlich gewunden, wie z. B. das Mosel- und das Ahrthal.

Die Grauwackenschiefer des rheinischen Schiefergebirges gehen stellenweise in nutzbaren Dachschiefer über; häufig sind sie durchzogen von langgestreckten Quarzadern, mitunter von maueränhlicher Stärke. In England enthält diese Bildung namentlich Anthracit, eine schwer entzündliche und darum für die gewöhnliche Heizung weniger benutzte Kohle, welche ein vollkommen mineralisches Ansehen hat (vgl. S. 132). Von nutzbaren Einschlüssen finden wir ferner zahlreiche Eisenerze, insbesondere Spateisenstein, silberhaltige Bleiglanze und Zinkerz.

Bei näherer Betrachtung der Reste organischer Wesen, die in den verschiedenen Abteilungen dieses Systems angetroffen werden, zeigt es sich, daß in den untersten Bildungen durchaus keine Landpflanzen, vielmehr nur Spuren von Meerespflanzen, von Algen, sich vorfinden, und ebenso nur Meerestiere der niederen Klassen vertreten sind, vorherrschend Polypen. Erst in der

oberen Grauwacke begegnen wir, bei fortwährender Armut an Pflanzenresten, einem ziemlichen Reichtum an Tieren, besonders Weichtieren aus der Abteilung der Kopffüßer, und endlich auch Fischen mit viereckigen Schmelzschuppen.

Die wichtigsten Versteinerungen (Überreste, Organismen) sind Tl. I, vergl. Paläontologie, S. 368 bis 374 angeführt und erläutert.

γ. Die Carbonformation.

(System der Steinkohle.)

Wir begegnen hier einer der wichtigsten Bildungen, da sie als wesentlichstes Glied die Steinkohle einschließt, welche für den Haushalt und Gewerbebetrieb der Menschen unentbehrlich geworden ist. Überall, wo Steinkohle auftritt, hat sie eine lebhafte Industrie hervorgerufen, die Bevölkerung verdichtet und weithin die Wohlthaten der Feuers verbreitet. Es erscheint dieser in früherer Periode der Erdgeschichte angesammelte Schatz um so wertvoller, je weniger der Brennstoff unserer Wälder dem gesteigerten Bedürfnisse der Gegenwart genügt.

Die Steinkohle wird unten durch die Grauwacke, nach oben von dem Rotliegenden der Dyas begrenzt und erscheint daher auch in der Regel in der Nachbarschaft und in Verbindung mit diesen Formationen. Ein Blick auf die an späterer Stelle beigegebene und näher erläuterte geologische Karte zeigt in der That, wie im Westen am Saume des großen rheinischen Grauwackengebietes die Steinkohlen der Maas, in der Richtung von Namur, Lüttich und Aachen, auftreten, sodann nördlich auf dem rechten Rheinufer das Kohlengebiet der Ruhr und im Süden von Saarbrück nach Kreuznach sich erstreckend das mächtige Kohlengebiet der Saar und Nahe an Grauwacke sich anlehnen. Auch am Harz und in Böhmen begegnen wir der Steinkohle in der Nachbarschaft der Grauwacke.

Die Hauptgesteine, welche das System der Steinkohle zusammensetzen, sind Lagen von Kalksteinen, Sandsteinen, Schieferthon und Steinkohle. Als unteres Glied tritt vorzüglich in England der Kohlenkalkstein auf, der durch den Einschluß seiner Versteinerungen, insbesondere zahlreicher Korallen als eine Meeresbildung sich zu erkennen giebt. Wo anderwärts dieser Kohlenkalk fehlt, wird derselbe vertreten durch die sogenannte Kulmformation, ein System von plattenförmigen Kalksteinen, Kiesel- und Thonschiefern, welches unter anderem in Westfalen, Nassau, Oberhessen verbreitet ist. Eine mehr oder minder mächtige kohlenlose Sandsteinbildung, der sogenannte flözleere Sandstein, bildet den Übergang zur oberen, eigentlich kohlenführenden oder produktiven Steinkohlenformation. Letztere besteht aus Lagern von Steinkohle, die einige Centimeter bis 5 m, selten über 10 m mächtig sind, und vielfach mit einem eigentümlichen grauen Sandsteine oder dunkleren Schieferthone wechseln, so daß bisweilen 30, 40, ja 120 und mehr Kohlenlagen untereinander liegen, von welchen jedoch nur die wenigen stärkeren der Abbauung würdig sind.

Was die Entstehung der Steinkohle betrifft, so lassen die in dieser Formation aufgefundenen Pflanzenreste darauf schließen, daß zur Zeit ihrer

Bildung eine ungemein kräftige und dichte Pflanzenwelt vorhanden war, die jedoch, da sie hauptsächlich aus baumartigen Farnkräutern und Schachtelhalmen, insbesondere aus den eigentümlichen Schuppen- und Siegelbäumen bestand, einen wesentlich anderen Anblick gewähren mußte, als unsere jetzigen Wälder. Im Schatten dieser Bäume, auf schwammigem Moorboden bildete sich eine reiche Decke von Sumpfpflanzen, die, ähnlich wie heutzutage noch die Bildung von Torflagern aus Moosen vor sich geht, zur Entstehung der Steinkohlenschichten beitrugen (vergl. Abbildung später). Wechselnde Überschwemmungen und Senkungen führten die Einschaltung thoniger Schichten herbei. Neun Zehntel der im Gebiete der Steinkohle aufgefundenen Pflanzenreste sind Farrnkräuter und weisen darauf hin, daß damals ein warmes, feuchtes und ziemlich beständiges Klima herrschte und im ganzen Verhältnisse sich vorfanden, ähnlich wie man jetzt denselben in der Umgegend des Mexikanischen Meerbusens und an den Ufern der großen Flüsse Südamerikas begegnet. Doch hat die Annahme, daß, wie die letztgenannten große Massen von Treibholz führen, Ansammlungen von solchem zur Steinkohlenbildung beigetragen haben sollen, wenig Wahrscheinlichkeit, denn die Ansicht der in den Kohlenminen von St. Etienne (vgl. I. Teil, Paläontologie, S. 377) vorkommenden Baumstämme zeigt uns, daß dieselben sich noch in derselben Stellung und an dem Orte befinden, wo sie gewachsen sind.

Annähernde Berechnungen ergeben, daß der dichteste Hochwald bei seiner Umwandlung in Steinkohle kaum eine Schicht von 1 cm Dicke bei gleichem Flächengehalte zu bilden vermag. Es erscheint hiernach die Menge des im Steinkohlensysteme niedergelegten Pflanzenstoffes ganz ungeheuer, und man erklärt dessen Bildung durch die Annahme, daß die damalige Atmosphäre viel reicher war an Kohlensäure, als die jetzige. Dieser Umstand, sowie die häufig vorkommende Wechsellagerung dünner Schichten von Steinkohle mit erhärtetem Letten und Schieferthon, ferner gewisse chemische Eigenschaften der Steinkohle haben Anlaß gegeben zur Aufstellung der Ansicht, daß dieselbe aus Meeresalgen entstanden sei. Dem widerspricht, daß die mikroskopische Untersuchung der Steinkohle ihre Abstammung von den früher genannten Pflanzen erkennen läßt, ja — es kommt in den oberen Schichten des Kohlenfeldes von Illinois (Nordamerika) eine Steinkohle vor, an der man die Holzstruktur so gut sehen kann, wie an Holzkohle.

Im Michican-Kohlenfelde finden sich mit bewundernswürdiger Regelmäßigkeit Blätter und Stämme über dem Kohlenflötze und die Wurzeln unter demselben abgelagert. In dem Steinkohlengebiete von Neuschottland hat man stellenweise 10 bis 17 stockwerkartig übereinander stehende Wälder beobachtet.

Die Umwandlung der Masse des Holzes in Steinkohle geht in der Weise vor sich, daß anfänglich Kohlensäure und Wasser austreten, wodurch eine braunkohlenartige Masse entsteht; die später eintretende Entwickelung von Kohlenwasserstoff (CH_4) bezeichnet den Übergang in Steinkohle. Nach Ausscheidung alles Wasserstoffs bleibt Anthracit oder Graphit übrig. Es besitzen also einzelne Steinkohlenablagerungen (Flöze) für sich fast nie eine große Mächtigkeit.

Es wäre irrig, anzunehmen, daß Kohlenstoff nur in der Steinkohlenformation abgelagert worden ist. Dieser Vorgang hat in allen Perioden der Erdbildung stattgefunden und setzt sich fort bis auf den heutigen Tag, wie die vor unseren Augen entstehenden Torfmoore beweisen. In der Tertiärbildung finden wir den Kohlenstoff in Gestalt von Braunkohle; vereinzelt erscheint er als Alpenkohle, Lettenkohle und Steinkohle in den Bildungen aus der Periode der Kreide, des Jura, der Trias und Dyas; massenhaft tritt sie jedoch nur in der Formation auf, der sie ihren Namen verliehen hat. Endlich haben wir früher angeführt, daß die Schiefer der Ur- und Übergangsformation Anthracit und Graphit führen, und man schließt hieraus, daß zu deren Bildungszeit pflanzliches Leben auf der Erde bereits existiert habe, und auch jetzt noch bilden sich an vielen Stellen, wo Bäume und Wälder mit Wasser und Schlamm bedeckt werden, braunkohlenartige Massen (Delta des Mississippi, an Meeresküsten).

Unter den europäischen Kohlengebieten unterscheidet man solche, die eine marine, d. i. meerische Abkunft haben, deren Ablagerung nämlich an den seichten Ufern damaliger Meere stattfand. Sie zeichnen sich aus durch den oben erwähnten Kohlenkalk und lange, den Seeküsten entsprechende Erstreckung, wie die Steinkohlenbecken von England, Belgien und der Ruhr. Andere Kohlengebiete verdankten dagegen ihre Entstehung Binnenmooren und erscheinen daher als Mulden, ohne Kohlenkalk, mitunter unmittelbar auf Granit oder Grauwacke aufliegend. Es gehören hierher die Kohlenbecken der Pfalz, des Erzgebirges, von Böhmen und die französischen Becken von St. Etienne und Rive-de-Gier.

Aus dem Vorhergehenden folgen einige Anhaltspunkte zur Beurteilung der Wahrscheinlichkeit des Auffindens der Steinkohle in einer Gegend. Besteht dieselbe aus Urgebirge oder aus eruptiven Gesteinen, so ist mit ziemlicher Sicherheit auf das Fehlen der Kohle zu schließen. Auch beim Vorhandensein mächtiger geschichteter Formationen ist die Auffindung der Kohle in bauwürdiger Tiefe wenig wahrscheinlich. Sie ist jedoch eher zu erwarten da, wo die Wasserbildungen an Massengestein anliegend von diesem gehoben und aufgerichtet sind, so daß die unteren Schichten der Oberfläche der Erde näher kommen oder gar zu Tage gehen.

In manchen Ländern sind noch reiche Steinkohlenlager fast unausgenutzt, wie in China, so daß noch auf lange Zeit Vorrat vorhanden ist.

Die Hauptsteinkohlendistrikte Deutschlands sind durch die folgenden Orte und Gegenden zu bezeichnen: Aachen, in dessen Nähe leider nur ein kleiner Anteil der mächtigen Steinkohlenformation Belgiens auf deutsches Gebiet sich erstreckt; die Ufer der Ruhr mit reichen Kohlenlagern, welchen Düsseldorf, Elberfeld Barmen und Essen ihre Gewerbthätigkeit verdanken; Ilefeld und Halle am Harz; Zwickau, Chemnitz und der Plauensche Grund in Sachsen; Waldenburg im Niederschlesischen und Rybnik, Königshütte, Kattowitz, Myslowitz an der Grenze von Krakau, im Oberschlesischen Kohlengebiete; Brünn in Mähren; der Berauner, Rakowitzer und Pilsener Kreis Böhmens, nächst Belgien das an Kohlenniederlagen reichste Land des Kontinents; der Südabhang des Hunsrücks, von Kreuznach bis hinter Saarbrück.

Vorzüglich reichlich sind die Steinkohlen entwickelt in **England**, besonders in der Gegend von Newcastle am Tyne; ferner in Belgien und dem angrenzenden Teile Frankreichs, bei Dombrowa in Polen, bei Fünfkirchen in Ungarn. Glieder der Steinkohlengruppe überhaupt sind in Amerika, Asien und in Australien beobachtet worden. Nordamerika besitzt in dem **Apalachischen** Kohlenfelde (Tennessee, Ohio, Pennsylvanien), in den Becken von **Illinois** und **Missouri**, **Michican** und **Neubraunschweig** fast unerschöpfliche Kohlengebiete, deren Gesamtoberfläche in der ungeheuren Ausdehnung von ungefähr 160000 englischen Quadratmeilen sich erstreckt. In Südamerika fand **Humboldt** Steinkohle 2500 m hoch über dem Meere.

Eine eigentümliche Kohlenformation der Alpen erstreckt sich durch ihren ganzen Zug von Savoyen bis Steiermark. Dieselbe besteht aus Konglomeraten, schwarzen Thonschiefern, krystallinischen Schiefern und Sandsteinen, welche teils gänzlich von **Anthracit** durchdrungen sind, teils denselben in Schichten und Nestern einschließen. Obwohl die darin vorkommenden Pflanzenabdrücke mit denen der echten Steinkohlenbildung übereinstimmen, so weichen doch alle übrigen Verhältnisse von dieser wesentlich ab und sprechen für eine unter anderen Bedingungen vor sich gegangene Entstehung dieser Alpenkohlenbildung.

Die Pflanzen, welche zur Bildung der Steinkohlen hauptsächlich beigetragen haben, finden sich Tl. I, S. 375 bis 379 erwähnt und abgebildet (Lepidodendron, Sigillaria, Kalamiten und andere baumartige Kryptogamen).

Die Steinkohlen sind noch in fortwährender Zersetzung begriffen; noch immer entwickeln sich Kohlenstoffverbindungen, namentlich der Kohlenwasserstoff des Grubengases, welches die schlagenden Wetter bildet, so daß der Bergmann in den Steinkohlenbergwerken den größten Gefahren ausgesetzt ist. (Vergl. S. 152, auch Chemie S. 144.)

Ferner führen alle Steinkohlen mehr oder weniger **Eisenkies**, mitunter in höchst feiner Verteilung, so daß bei ihrer Berührung mit Luft durch rasch eintretende Oxydation desselben Selbstentzündung der Steinkohle und mitunter langjährige Brände entstehen, wie bei Zwickau.

Über die Verschiedenheiten und Abarten der Steinkohle ist in der Mineralogie (vergl. S. 132 ff.) und Chemie (vergl. S. 143) noch manche Thatsache mitgeteilt.

δ. System der Dyas.

Von allen Schichten, die zur Bildung der Erdrinde gehören, ist die vorliegende bis jetzt in geringster Verbreitung beobachtet worden. Wie der Name „Dyas" (von *δυάς*, die Zweiheit) andeutet, sind es zwei Hauptglieder, welche dieses System zusammensetzen, nämlich das **Rotliegende** und der **Zechstein**.

Das **Rotliegende** besteht aus braunrotem, gröberem Konglomerat, Bruchstücke von krystallinischen Gesteinen, insbesondere von Porphyren einschließend. Die charakteristische rote Farbe rührt von Eisenoxyd her, welches sehr verbreitet ist, so daß man Zwischenlagern von roten Letten und blutroten Rötelschiefern begegnet. Das Rotliegende bildet häufig die unmittelbare Decke der Steinkohlenbildung und ist selbst als dieser angehörig betrachtet worden;

es führt auch den Namen des roten Totliegenden, vom Bergmanne demselben erteilt, weil ihm die wertvollen Kupfererze der folgenden, namentlich in Thüringen vorkommenden Schicht fehlen. Letztere, Kupferschiefer genannt, besteht aus einem schwarzen, sehr bituminösen Mergel, oft stark von Erdöl durchdrungen, und obgleich von geringer, 5 m nicht übersteigender Mächtigkeit wichtig wegen seines Gehaltes an verschiedenen Kupfererzen, deren Kupfergehalt 2 bis 4, zuweilen selbst 18 Proz. beträgt; er enthält häufig Fischabdrücke, wie im Mansfelder Gebiet Ganoiden.

Der Zechstein erscheint als oberstes Glied des nach ihm benannten Systemes in Gestalt eines thonigen, grauen Kalksteines, nach oben in Dolomit übergehend, welcher nicht selten Lager von Gips einschließt, der gewöhnlich von Steinsalz begleitet ist, ähnlich, wie wir diese beiden Minerale auch im Keuper nebeneinander finden werden. Die Salzwerke des nördlichen Deutschlands, unter anderen das berühmte Lager von Staßfurt (vergl. Mineralogie, S. 95), gehören sämtlich der Zechsteinbildung und zwar dem oberen Zechstein an, der deshalb auch als Steinsalzformation bezeichnet wird. In der Gegend von Eisleben (Südharz) und Eisenach finden sich im Gips häufig Höhlen oder sogenannte Gipsschlotten, die wahrscheinlich von früher vorhandenem und mit der Zeit ausgewaschenem Steinsalze herrühren. Die Verbreitung der Zechsteinformation trifft man vorzüglich entwickelt nur in Norddeutschland, in Gestalt schmaler Streifen die Gebirgszüge umsäumend, wie namentlich den Harz, den Thüringer Wald und das sächsische Mittelgebirge. Einzelne Glieder derselben erstrecken sich durch das Vogelsgebirge bis nach dem Spessart. Auch treten solche in der Umgebung des pfälzischen Kohlenbeckens auf, sowie das Rotliegende zwischen Darmstadt und Frankfurt vorkommt. In England sind die Glieder dieses Systemes, mit Ausnahme des Kupferschiefers, vorhanden und werden als Magnesian limestone bezeichnet. In Rußland liegt inmitten eines ungeheuren, der Zechsteinbildung angehörigen Beckens die Stadt Perm, nach welcher dieses System auch Permisches System genannt worden ist.

Die Dyas ist im ganzen arm an Versteinerungen. (Vergl. Tl. I, S. 380 bis 381.)

b) Die Sekundärformationen. Mesozoisches System[1]).

ε. System der Trias.

Drei wohlcharakterisierte Glieder, nämlich der Buntsandstein, der Muschelkalk und der Keuper, bilden die Zusammensetzung dieses Systemes, welches hiernach (τριάς = trias, die Dreizahl) seine Benennung erhalten hat. Dieselben finden sich in Deutschland in großer Regelmäßigkeit und Beständigkeit miteinander verbunden. Am auffallendsten tritt dieses hervor, wenn man eine geologische Karte betrachtet, auf welcher die Hauptglieder mit verschiedenen Farben bezeichnet sind. Man sieht alsdann zu beiden Seiten des Rheins, von der Schweiz bis ins mittlere Deutschland, dreierlei farbige Bänder in mehrfacher

[1]) Betreffs der Formen der Organismen vergl. Tl. I, S. 383 bis 391.

Krümmung, im ganzen jedoch parallel unter sich und mit dem Rhein nebeneinander herlaufen, während im nördlichen Deutschland, in Thüringen und längs der Weser diese Regelmäßigkeit mehrfach unterbrochen und gestört erscheint. Ferner finden wir triassische Bildungen zu beiden Seiten der deutschen Alpen, fast ununterbrochen die krystallinischen Gesteine umsäumend, welche den Kern jener Gebirge bilden.

Der Buntsandstein bildet die Grundlage der Trias; er ist von vorwaltend roter Farbe, doch wechselt dieselbe öfter mit gelben, bräunlichen und weißen Streifen und Flecken und rechtfertigt den Namen dieser Bildung, welche eine bedeutende Mächtigkeit von 100 bis 200, ja mitunter von 400 bis 500 m erreicht. Wir finden den Buntsandstein im Schwarzwalde, Odenwalde, Spessart, ferner im Gebiete der Fulda, Werra, Weser, der fränkischen und sächsischen Saale. Auf dem linken Rheinufer besteht ein Teil der Vogesen und das ganze Haardtgebirge mit dem malerischen Annweilerthale aus Buntsandstein. Derselbe liefert ein vortreffliches Baumaterial; von den alten Domen am Rheinstrome sind die von Mainz, Worms, Speyer, Straßburg daraus erbaut. Gesteine anderer Art sind im Gebiete des Buntsandsteines nur höchst untergeordnet; bemerkenswert ist jedoch das Vorkommen von Steinsalz bei Liebenhall (Hannover), Schöningen (Braunschweig) und Berchtesgaden. Überaus arm erscheint dieses Gestein an Petrefakten, und wir haben nur einige Pflanzenreste anzuführen, wie Neuropteris elegans, Fig. 160, und Voltzia heterophylla, Fig. 161. In dem Buntsandsteine bei Hildburghausen hat man die handförmigen Abdrücke von Füßen gefunden, die vermutlich

Fig. 160.



Neuropteris elegans.

Fig. 161.



Voltzia heterophylla, End- und Mittelzweige, sowie ein auseinander gedrückter Zapfen.

von einem großen, froschartigen Tiere herrühren (vergl. Tl. I, S. 386, Fig. 569).

Außerordentlich reich ist das zweite Glied, der **Muschelkalk**, an Überresten von Muscheln, die diese Bildung zugleich als Meeresbildung erkennen lassen. In seinen unteren Schichten führt derselbe Thon, dolomitischen Mergel, schieferigen Dolomit und wellenförmig geschichteten Kalk, dazwischen als nützlichsten Bestandteil **Steinsalz** und **Salzthon**, neben wasserfreiem Gips (Anhydrit). Im Bereiche des Muschelkalkes liegen die Salzlager von Dürrheim, Rappenau (Baden), Sulz, Friedrichshall, Wimpfen, Basel, Weimar und Braunschweig. Auf Letztere folgt der muschelreiche Hauptkalk dieser Formation, nach dem häufigen Einschlusse der Stengelglieder eines Liliensternes,

Fig. 162.




Myophoria lineata.

Fig. 163.

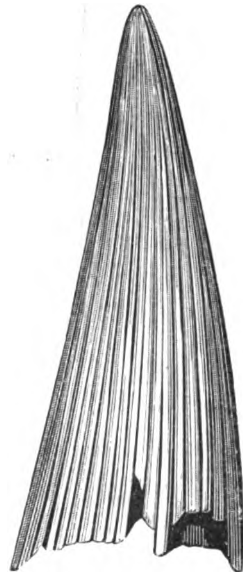
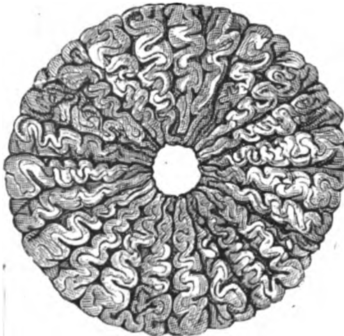


Fig. 164.



Querschnitt vom Zahne des Mastodonsaurus.

Encrinus liliiformis (vgl. Tl. I, S. 386, Fig. 570), auch Enkrinitenkalk genannt. Eine große Verbreitung hat der Muschelkalk in Thüringen, Franken, Schwaben. Das sogen. **Haselgebirge** (Thone, welche Steinsalzbrocken und Bruchstücke benachbarter Gesteine in Menge enthalten) gehört ebenfalls der Trias an. Es findet sich am nördlichen Abhange der Alpen mit Steinsalz, so bei Ischl, Hallstadt, Hallein, Berchtesgaden.

Der **Keuper**, welcher die Trias nach oben abschließt, beginnt mit einem dunkeln, bituminösen Thonschiefer, der sogen. **Lettenkohle**, worauf bunte Mergel, meist von roter Farbe, mit grünen, gelben und blauen Streifen durchzogen, folgen. Dieselben zerschiefern sich gern in rhomboëdrische Stücke; überall ist Gips darin verbreitet, aber nur wenig Steinsalz. Lagen von

Dolomit und Sandstein erscheinen hier und da eingeschoben. Unter den Versteinerungen des Keupers herrschen Pflanzen vor und es finden sich in den Sandsteinen insbesondere Abdrücke von Schachtelhalmen (Calamites) und Farnkräutern. Von Weichtieren sind Leitmuscheln der Lettenkohle Lingula tenuissima und Posidonomya minuta, auch die in Fig. 162 abgebildete Myophoria lineata ist für den Keuper charakteristisch; von Fischen finden sich Zähne und Schuppen; von Reptilien Zähne. Fig. 163 u. 164 zeigen den merkwürdigen Zahn und Querschnitt eines derselben von Mastodonsaurus, eines sogen. Wickelzähners oder Labyrinthodonten, wahrscheinlich eines Salamanders.

In der Triasformation der Alpen läßt sich die dreifache Gliederung in der vorgeführten Deutlichkeit nicht aufzeigen; dieselbe erweist sich, im Gegensatze zu den Strand- und Buchtenbildungen des deutschen Keupers, als eine oceanische Bildung mit außerordentlichem Reichtume an Meeresbewohnern, worunter ältere und jüngere Arten wie dort. Berühmt sind, durch ihre schöne Erhaltung, die Versteinerungen der sogen. Cassianer Schichten (Mergel und oolithischer Mergelkalk), die viel Versteinerungen einschließen und eine Fülle von schön erhaltenen Versteinerungen geliefert haben (im Enneberger Thale, Tirol).

ζ. System des Jura.

Das schweizerische Juragebirge, das 1500 bis fast 2000 m hoch sich erhebt, hat seinen Namen einer Bildung gegeben, die in Europa in großer Verbreitung sich findet, und die sowohl durch die Eigentümlichkeit ihrer Versteinerungen, als auch durch die Gleichförmigkeit ihrer Lagerungsverhältnisse eine scharf ausgeprägte Selbständigkeit besitzt. Sie dient daher als sichere Scheidewand zwischen den älteren, bisher betrachteten Schichten und den neueren der Kreide- und Tertiärformation. Kalksteine spielen eine vorherrschende Rolle in dem Jura, außerdem treten Thone und Mergel häufig auf, zuweilen mit Schiefern und Sandstein wechselnd. Eigentümlich ist in diesem Systeme die Rogenstein- oder oolithische Bildung der Kalkgesteine, welche in England fast durchgehends angetroffen wird, so daß man dort die ganze Gruppe als Oolithformation bezeichnet hat. Außerdem aber ist es der ungeheure Reichtum an Versteinerungen, der in den Gebieten des Jura uns in Erstaunen setzt, sowie daß wir mehreren gänzlich neuen und eigentümlichen Tierformen darunter begegnen. Ja es haben die Petrefakten des Jura insofern einen förderlichen Einfluß auf die geologische Wissenschaft geübt, als von denselben eine lebhafte Anregung zum Sammeln und Studium ausging, was namentlich in England zu einer Art von Mode wurde.

Wenn auch die Vergleichung der verschiedenen Jurabildungen in England, Frankreich, der Schweiz und Deutschland eine Übereinstimmung im allgemeinen ergiebt, so sind doch die örtlichen Eigentümlichkeiten sehr mannigfaltig und bedeutend, und erfordern eine hier nicht zulässige Einzelbeschreibung der Gebiete. Wir beschränken uns auf eine Andeutung der im Juragebiete Süddeutschlands dargebotenen Verhältnisse.

Man betrachtet den Jura in drei Abteilungen, als unteren, mittleren und oberen Jura.

Der untere Jura, gewöhnlich Lias (englisch Lias, Leias) oder schwarzer Jura genannt, ist hauptsächlich aus dunkeln Mergeln und Thonen zusammengesetzt; es erscheinen ferner graublaue Kalke (Gryphitenkalk), schwarze Letten und bituminöse Schiefer, die teilweise als Brennmaterial benutzbar sind und in welchen bei Boll in Württemberg merkwürdige Eidechsenreste aufgefunden wurden. Der mittlere oder braune Jura (Dogger in England), enthält außer Kalken, Thonen und Mergeln einen eigentümlichen gelbbraunen, sehr eisenschüssigen oolithischen Sandstein. Der obere oder weiße Jura (Malm in England) besteht vorherrschend aus hellfarbigen Kalksteinen, worunter manche bei längerem Liegen an der Luft eine weiße Färbung annehmen. Sie enthalten viele Versteinerungen, namentlich nach oben zahllose Korallen und Schwämme. Eine große Berühmtheit haben die feinen Kalksteinplatten des fränkischen Jura als lithographische Steine erlangt, welche von Solenhofen aus in die ganze Welt versendet werden. Auch führen diese Kalkschiefer Abdrücke von Krebsen, Insekten und Reste von Flugeidechsen. Zerklüftungen und Auswaschungen verliehen dem Fränkischen Jura nicht nur malerische Felsenformen und den Namen der Fränkischen Schweiz, sondern bildeten auch die merkwürdigen Tropfstein- und Knochenhöhlen von Muggendorf und Gailenreuth (vergl. Höhlen, Anhang).

Die Verbreitung der Jurabildungen, die im nördlichen Deutschland im Wesergebirge eine nicht bedeutende Zone bilden, erstreckt sich im Süden in engem Anschlusse an die Keuperschichten der Trias von der Schweiz an durch ganz Schwaben und Franken hinauf bis Baireuth; dieselbe reicht andererseits durch das ganze eigentliche Juragebirge der Schweiz und von Frankreich, bis in die Nähe von Lyon. In Frankreich umlagern die Jurabildungen im Norden das große Tertiärbecken von Paris und bilden im Süden einen fast ganz geschlossenen Ring um das große granitische Innenland mit dem Basaltgebiete der Auvergne. In England dehnen sich die jurassischen Gebilde wie ein breites Band fast in der ganzen Längsrichtung der Insel aus.

Die Versteinerungen des Jura sind besonders wichtig, da sie oft das einzige Mittel liefern, die bestimmte Stufe der Gesteinsschichten, die zusammen-

Fig. 165.



Skelett von Ichthyosaurus communis.

gehören, zu erkennen (Leitmuscheln). Bekannt sind die jurassischen Bildungen auch durch jene mächtigen Saurier (im Lias), den Ichthyosaurus (Fig. 165), Plesiosaurus, Pterodactylus, Megasaurus, Mosasaurus (Maassaurus), Pareiosaurus, die stellenweise auch später in der Kreide (Mastrichter Kreide) vorkommen.

η. System der Kreide.

Wir gelangen mit der Betrachtung dieses Systemes zum Abschluß jener Reihe von Wasserbildungen, welche als sekundäre Formationen bezeichnet worden sind. Wenn dieselben an Reichtum und höherer Entwickelung der in ihnen enthaltenen Pflanzen- und Tierformen im Vergleiche zu den Übergangsbildungen einen Fortschritt erkennen lassen, so fehlen ihnen doch die höheren luftatmenden Landtiere, die Vögel und Säugetiere gänzlich, oder sie sind nur äußerst selten und in bezweifelter Weise vorhanden. Dies bestätigt sich auch innerhalb der Kreidebildungen, in welchen wir zwar außerordentlich vielen Versteinerungen begegnen, jedoch kaum solchen, die sich an Vollkommenheit ihrer Formen über die vorhergehenden der Jurabildung erheben.

Als Hauptbestandteile des Systemes der Kreide finden wir mächtige Sandstein- und Kalkablagerungen, während Mergel und Thone untergeordnet erscheinen. Von den Sandsteinen sind besonders charakterisiert der Grünsandstein Englands, durch Grünerde gefärbt, das Baumaterial für London, und der Quadersandstein im nördlichen Deutschland, ein meist graulicher, in Quader sich klüftender Sandstein mit mergeligem Bindemittel und daher leicht verwitterbar. Er bildet infolgedessen die auffallenden und malerischen Schluchten, Klüfte und Felspfeiler der Sächsischen Schweiz (Bastei, Kuhstall, Prebischthor), Erscheinungen, die sich oft in den abenteuerlichen Formen der böhmischen Quadersandsteine bei Adersbach, im Bieler Grund und an den sogen. Extersteinen in Westfalen wiederholen. Die Schichtenköpfe des Quadersandsteines bilden die am Nordrande des Harzes sich meilenweit hinstreckende Teufelsmauer (Abbildungen vergl. später).

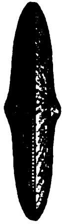
Der Kalk tritt teils als festes Gestein mit plattenförmiger Absonderung, daher Plänerkalk im nördlichen Deutschland, und als Hippuritenkalk im südlichen Europa auf, teils aber in der so charakteristischen Form der Kreide, nach welcher dieses System benannt worden ist. Dieses schätzbare Schreibmaterial unserer Schulen, dessen weiße Farbe und Zerreiblichkeit daher allgemein bekannt sind, besteht fast durchgehends aus den mikroskopisch kleinen Schalen von Tierchen, deren Verwandte unter dem Namen der Foraminiferen unsere jetzigen Meere bewohnen.

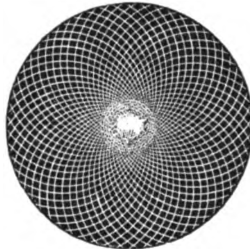
Eine weitere Eigentümlichkeit der Kreide ist die häufige Einlagerung von Feuerstein, der in Gestalt knollenförmiger Stücke nesterweise von derselben eingeschlossen wird. Die mikroskopische Untersuchung zeigt, daß auch dieses harte Kieselgestein größtenteils aus den Panzerschalen von Infusorien besteht.

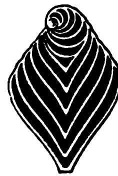
Die Kreidebildungen haben sich aus weitgedehnten Meeren niedergeschlagen und erreichen daher eine große Verbreitung in Europa und in anderen Weltteilen. In Deutschland findet sich dieses System in untergeordneter Weise vertreten, am bedeutendsten in Böhmen, durch das Elbgebiet bis Dresden sich erstreckend; ferner nördlich vom Harze, in Westfalen und am nördlichen Abhange des Teutoburger Waldes, bei Aachen, Lüttich und Mastricht, endlich auf der Insel Rügen und an einzelnen Punkten an der Ausmündung der Oder. Dagegen besitzt Frankreich ein ausgedehntes Kreidegebiet, welches, der jurassischen Bildung folgend, als innerer Ring das

tertiäre Pariser Becken einschließt. Ebenso hat England ein ausgedehntes Kreidegebiet, und aus der Ferne schon erblickt der Reisende die Shakespeare-Klippe, einen weißen Kreidefels, der bei Dover in den Kanal hineinragt.

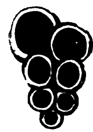
Fig. 166. Fig. 167. Fig. 168. Fig. 169. Fig. 170.











Orbitoides media. Flabellina rugosa. Textularia.
Profilansicht. Horizontalabschnitt.

Außer den in Teil I, S. 390 aufgeführten Versteinerungen der Kreidebildung sei noch auf die vorstehend in Fig. 166 bis 170 abgebildeten Formen hingewiesen.

c) Tertiärsystem.

Der geologische Schauplatz, den wir nunmehr betreten, erscheint als ein wesentlich veränderter. Es sind keineswegs Gesteine anderer Art, denen wir begegnen, denn auch hier setzen Kalke, Thone, Schiefer und Mergel mit örtlich vorkommendem Gips, Steinsalz, Bohnerz und Braunkohle die Schichten zusammen. Der veränderte Charakter besteht vielmehr darin, daß die Cycadeen und Zapfenträger, die Reptile und Schmelzschupper mehr zurücktreten, die Ammoniten und Belemniten gänzlich verschwinden und daß dafür Versteinerungen höher entwickelter Pflanzen und Tiere sich vorfinden, die der lebenden organischen Welt sehr nahe stehen. Überdies erscheinen unter den Wasserbewohnern solche, die in süßem Wasser gelebt hatten. Es waren somit Seen und Flüsse vorhanden, und an manchen Orten findet man wechselnd Schichten mit Meeresbewohnern und Süßwassertieren, eine wiederholte Hebung und Senkung jener Gebiete beurkundend. Mitunter begegnet man beiderlei Tieren vermischt, wie dies noch jetzt in unseren sogenannten Brackwassern der Fall ist, wo die Meeresfluten an seichten Ufern mit süßem Wasser gemischte Gewässer bilden, wie z. B. in den Lagunen von Venedig.

Aus dem Vorhergehenden folgt, daß bei den Bildungen der tertiären Periode bedeutendere örtliche Eigentümlichkeiten zu erwarten sind, als bei den Gliedern der älteren Systeme. In der That ist dieses der Fall. Zwar glaubte man eine Zeitlang in den hierher gehörigen Bildungen drei Altersstufen sehr bestimmt unterscheiden zu können, je nach dem Prozentgehalte ihrer Schichten an solchen Petrefakten, deren Arten heute noch leben. In der untersten, die deren ungefähr 4 Proz. enthält, begrüßte man die „Eos“, die Aufdämmerung unserer jetzigen Tierwelt und nannte sie daher die „eocäne Bildung“, auf welche eine mittlere „miocäne“ mit 17 bis 35 Proz. und als

oberste oder jüngste, die „pliocäne Bildung“, mit über 35 Proz. noch lebenden Arten folgt. Allein bei fortgesetzter Untersuchung ergab es sich, daß eine solche Einteilung nur für einzelne Örtlichkeiten zulässig ist. Es fällt vielmehr schwer, hier ältere oder untere Bildungen von neueren scharf zu trennen und man betrachtet dieselben am besten als nebeneinander entstanden. Aus Tertiärmeeren, die ohne Zusammenhang gleichzeitig bestanden haben, können gänzlich verschiedene Versteinerungen abgelagert worden sein — ganz in derselben Weise, wie heutzutage die Ostsee und Südsee keine Muschelart gemeinsam besitzen. Insbesondere ist an das Vorhandensein gesonderter Meeresbusen jener Zeit die Entstehung der muldenartigen Ablagerungen geknüpft, die man als Becken bezeichnet.

Ein Glied des Tertiärsystemes wird wegen der zahlreichen Überreste der Nummuliten (nummulites, Münzmuschel; vergl. Tl. I, S. 394) im Kalksteine als Nummulitenregion bezeichnet. Dieselbe erstreckt sich von den Karpathen als Saum den ganzen Zug der Alpen entlang über die Apenninen, Pyrenäen, über Marocco, Ägypten und weiter im Umkreise des Mittelmeeres.

Nur stellenweise erheben sich diese Kalke zu hohen Gebirgen, doch liefern sie ein festes Baumaterial, wie denn ein Teil der Pyramiden aus Nummulitenkalk errichtet ist.

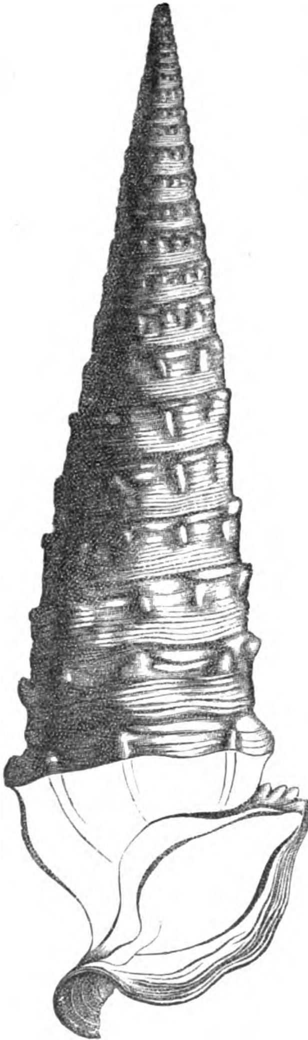
Auf der Nummulitenschicht liegen — mitunter sehr mächtige — Sandsteine und dunkelfarbige Schiefer, welch letztere den Namen Flysch führen, der auf diese ganze Bildung übertragen worden ist; dieselbe enthält stellenweise (Glarus) viele versteinerte Fische, im ganzen jedoch wenige Versteinerungen, die sich oft auf einige Tangarten beschränken.

Weitere Hauptgebiete der Tertiärformation sind: das Pariser Becken, aus Schichten von Sandstein, Kalk, Mergel, Thon und Gips bestehend, die einen mehrmaligen Wechsel von Süßwasser- und Meeresbildung erkennen lassen und sehr reich an Versteinerungen sind. Dies gilt vorzüglich von dem Grobkalk, einem vortrefflichen Bausteine, aus dem ganz Paris erbaut ist. Das große Cerithium giganteum (Fig. 171 a. f. S.) ist eine Hauptleitmuschel desselben. In dem Tertiärbecken von London finden sich zwar verwandte Geschlechter von Petrefakten, doch herrscht durchaus vor ein zäher, brauner oder blaugrauer Thon, Londonthon genannt.

Das Mainzer Becken, über ganz Rheinhessen verbreitet, vom Rheingau am Abhange des Taunus über Frankfurt bis Gießen, ferner über das untere Maingebiet bis Aschaffenburg sich erstreckend, führt als unterste Schicht blauen Thon, worauf Sand, mit vielen Haifischzähnen folgt, sodann schließen sich an: Gerölle, Cerithienthon und verschiedene Mergel und Kalke, die bei Mainz als Bausteine benutzt werden. Sie enthalten Überreste von Schnecken, die heutigen Formen gleichen. Danach nennt man diese Schicht Litorinellenkalk. Diese Kalke enthalten auch Überreste verschiedener Amphibien, Vögel und Säugetiere, und in dem ihm zunächst folgenden Gerölle und Sand sind Knochen des Rhinoceros, des elefantenähnlichen Mastodon und des merkwürdigen Dinotheriums aufgefunden worden, welches ein gewaltiger Dickhäuter war mit rückwärts gekrümmten Stoßzähnen im Unterkiefer, wie die sehr stark verkleinerte Abbildung des Schädels, Fig. 172 a. f. S., zeigt.

In der Wetterau erscheint Braunkohle in bedeutenden Lagern. Dieses wertvolle Tertiärgebilde hat außerdem eine große Verbreitung im nördlichen Deutschland, Böhmen, Polen bis Rußland und ist für diese Gegenden von großer nationalökonomischer Bedeutung. Besonders mächtige Flöze sind bei Halle, Aschersleben, Frohse aufgedeckt und die Stadt Halle selbst steht auf Braunkohle. Letztere ist meistens von Diluvialbildungen bedeckt, doch nicht selten zu Tage gehoben, und wo dies in Berührung mit Basalten geschehen ist, steinkohleähnlich verändert. Ein Begleiter der Braunkohle ist der Bernstein.

Fig. 171.



Cerithium giganteum.

Gewisse Sandsteine der Schweiz führen den Namen „Molasse", der auf die jüngere Tertiärbildung überhaupt übertragen worden ist, zu welcher der ganze, nicht hochgebirgige Teil der Schweiz, desgleichen Tirol, Steiermark und das Becken von Wien gerechnet werden. Außer Kalksteinen, Sandsteinen, Thonen, Mergeln und Braunkohlen begegnet man in der Schweiz als sehr charakteristischem Gestein der Nagelfluh (z. B. Bestandteil des durch den Bergsturz von Goldau bekannten Roß- oder Rufiberges), einem Konglomerat von Rollsteinen, die durch Kalk zu einer überaus festen Masse verkittet sind. Dieselbe hat stellenweise eine bedeutende Mächtigkeit und erhebt sich als bekanntes Gestein des vielbesuchten Rigi daselbst bis 1800 m.

Fig. 172.



Kopf von Dinotherium giganteum (Schreckenstier).

In dem Tertiärgebiete der Karpathen haben die ungeheuren Salzflöze von Wieliczka und Bochnia eine große Wichtigkeit und Berühmtheit

erlangt. Auch gehören der Salzfels von Cordona (Spanien), sowie der auf Sicilien vorkommende Schwefel dieser Formation an.

Überblickt man die Tertiärgebilde in ihrer Gesamtheit, so liegt ihr auszeichnender Charakter besonders darin, daß hier zuerst Säugetiere massenhaft auftreten und zwar aus allen Ordnungen. Denn außer den bereits angeführten erscheinen, von den älteren zu den jüngeren Schichten in fortschreitender Entwickelung, Wale, Delphine, Robben, Faultiere, Gürteltiere, Beuteltiere, Dickhäuter, Borstenträger; Nager (Hase, Biber, Mäuse); Wiederkäuer (Rind, Schaf, Giraffe, Kamel, Antilope, Hirsch); das dreizehige Pferd (Hipparion) und das gemeine; Insektenfresser, Raubtiere aller Art (Marder, Bär, Katzen, Hund, Hyäne); Fledermäuse und Affen.

Auch die großen Säugetiere des Diluviums lebten z. T. schon im Tertiär, wie das Mammut (vergl. Tl. I, S. 395), das Anoplotherium, Fig. 173, und

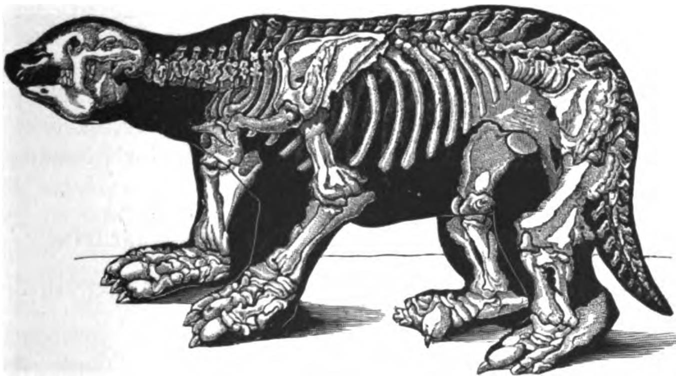
Fig. 173.



Anoplotherium (unbewaffnetes Tier).

das tapir-ähnliche Palaeotherium (altes Tier), beide bei Paris; Megatherium, Fig. 174, ein großes, schwerfälliges, den Faultieren verwandtes Tier, aus

Fig. 174.



Megatherium (Riesentier).

den Pampas von Südamerika. Interessante Überreste bietet ferner der Riesensalamander von Öningen am Bodensee, früher für das Skelett

eines vorsintflutlichen Menschen gehalten, und das Zeuglodon (Hydrarchos), aus der tertiären Formation von Alabama in Nordamerika, eins der größten bis jetzt aufgefundenen vorweltlichen Tiere, 15 m lang, mit walfisch-ähnlichem Rumpf und robben-ähnlichem Gebiß.

Die Formen dieser Tiere sind teils ganz eigentümliche, völlig erloschene, teils den jetzigen sich annähernde Mittelformen, oder endlich solche, die mit lebenden übereinstimmen. Ein Überblick über die Tierformen folgt später.

Aus der Pflanzenwelt, welche uns die Tertiärzeit überliefert hat, sind wir insbesondere berechtigt, Schlüsse auf die damals herrschenden klimatischen Verhältnisse zu ziehen, da die Pflanze von solchen viel abhängiger ist, als das wander- und anpassungsfähigere Tier. Abgesehen von zahlreichen niederen Pflanzenformen ist man überrascht, nicht allein einer Fülle der mannigfaltigsten Laubträger zu begegnen, sondern auch solchen Bäumen, die nur den tropischen Klimaten angehörig, heute über die Erde zerstreut sind. Aus dem Vorkommen von Palmen, Myrten, Gummi-, Lorbeer- und Zimtbäumen, Schlingpflanzen u. a. m., worunter viele immerblühende, ist zu schließen, daß in Europa während der älteren Tertiärzeit vielleicht ein Klima herrschte, gedeihlich für indische und australische Pflanzenformen, welches in den jüngeren Tertiärbildungen zwar allmählich herabsinkend immer noch eine außerordentlich üppige Vegetation begünstigte, die ungeheure Herden der größten Pflanzenfresser ernährte.

d) Quartärsystem. Periode des Diluviums.

Es fand ein unmittelbarer Übergang von der Tertiärperiode zur folgenden statt, aber in derselben, dem Diluvium, trat eine Änderung in den Verhältnissen ein, welche gewissermaßen ganz in die neuere Zeit überleitete. Die Periode des Diluviums ist dadurch charakterisiert, daß zu dieser Zeit die Gletscher eine große Ausdehnung erhielten und ein großer Teil der Säugetierfauna, jene bekannten großen Formen, von denen Vertreter in unseren Breiten lebten, zu Grunde gingen. Diese Verhältnisse können nur im Anschluß an die jetzt noch vor sich gehenden Veränderungen erörtert werden und sind deshalb der dynamischen Geologie angeschlossen. Auch einiges über das Auftreten des Menschen ist dort hinzugefügt (vergl. auch die im Anhang zum vorliegenden Abschnitt gegebene Übersicht der Formationen).

3. Einiges über die Bildung der Massengesteine.

Plutonische Bildungen. Eruptive Massengesteine. Eruptivbildungen.

Wenn man in den Schiefern (metamorphische Schiefer, Gneis, Glimmerschiefer) jetzt wohl die ersten Erstarrungsprodukte der Erde sieht oder doch die ersten Schichten, bei deren Bildung die Wirkung einer hohen Temperatur nicht deutlich hervortritt, so ist bei den folgenden Bildungen die Entstehung unter hoher Temperatur nachgewiesen. So zeigt sich dies deutlich durch die

Einwirkungen auf die Nachbargesteine, die dadurch eine Umänderung erfahren haben (Thonschiefer in Hornstein umgewandelt, Kontaktwirkung, Kontaktzone der Granite des Rammelsberges und Brockens am Harze), durch Einschlüsse im krystallinischen Gestein, oder auch von krystallinischem Gestein in anderen Gesteinen, und durch die Struktur des Gesteins selbst.

Die älteren Massengesteine sind in vielen Fällen hebend, gebirgsbildend aufgetreten, wie im Harz, wo wir zwei Granitkerne (Brocken, Rammelsberg) besitzen, oder sie sind selbständige Gebirge und bedecken weite Landesstrecken, oder es sind, ähnlich wie bei unseren Vulkanen, die Schichten der früheren Ablagerungen nicht gestört, die Masse ist aus Spalten emporgedrungen (so bei den plutonischen Gesteinen, Basalt, Trachyt).

Zu den ersten rechnen wir dem Alter nach geordnet Granit, Diabas, Diorit, Gabbro und Porphyr, den Übergang zu den jungplutonischen Gesteinen bildet der Melaphyr, dann Basalt mit den Zertrümmerungsprodukten, Basalttuff und Bimssteinsand, und die Trachyte und Phonolithe. Basalte und Trachyte gleichen schon in vielem der modernen Lava (basaltische, trachytische Lava, vergl. Vulkane), so daß sich diese Bildungen den neuvulkanischen anschließen, und man sie selbst wohl auch altvulkanische genannt hat.

Wann diese Gesteine emporgedrungen sind, läßt sich oft aus dem Verhältnisse zu den Nachbargesteinen schließen, ist dieses umgeändert, so muß der Durchbruch oder Austritt später statt gehabt haben, als das Gestein sich gebildet hat; findet man auf diesem Gestein keinerlei Sedimentschichten mehr, so haben sich diese Schichten später abgelagert, oder die Zone war überhaupt der Möglichkeit von anderen Bildungen entzogen, hat z. B. nie wieder eine Wasserbedeckung erfahren. Da über diese Bildungen bei den Einzelgesteinen (Petrographie, S. 160 ff.) schon einiges mitgeteilt ist, diese Verhältnisse bei der Gebirgsbildung (vergl. den Anhang Orogenie) und auch sonst wiederholt berührt werden, möge hier eine ganz kurze Darstellung genügen.

a) Ältere Eruptivgesteine.

α. Gruppe des Granits.

Unter allen Gesteinen ist der Granit eines der bekanntesten. Er ist in mehrfacher Hinsicht sprichwörtlich geworden und der Dichter bedient sich desselben zur bildlichen Bezeichnung des hohen Alters, der unerschütterlichen Festigkeit, der unverwüstlichen Dauer. Auch hatte sich über kein Gestein eine so bestimmte und befriedigende Ansicht gebildet, als über den Granit. Als Grund- und Urgebirge wird er schon früher bezeichnet, auf welches nachträglich das Flözgebirge sich ablagerte. Um so merkwürdiger ist es, wenn im Verlaufe der Entwickelung der geologischen Wissenschaft über Alter und Entstehungsweise des Granits die widersprechendsten Meinungen zur Geltung gekommen sind. Anfänglich wurde der Granit für eine Sedimentärbildung gehalten, später als ein plutonisches Eruptivgestein erklärt, bis in neuerer Zeit seine Bildung wieder der Krystallisation aus wässeriger Lösung und schließlich aus glutflüssiger Masse unter Mitwirkung von Wasser zugeschrieben worden ist. Diese Wandlung der Ansichten erstreckt sich auch auf

die dem Granit verwandten Gesteine dieser Gruppe, auf den Gneis, Granulit und Syenit.

Vom Gneis wissen wir, daß er in naher Beziehung zu den krystallinischen Schiefern steht, so daß er den ältesten sedimentären Gesteinen zugezählt wurde. Nichtsdestoweniger tritt derselbe mehrfach in einer Weise auf, die berechtigt, ihn für die betreffende Örtlichkeit als ein Eruptivgestein zu erklären. So findet er sich insbesondere im sächsischen Erzgebirge. Der mittlere Teil desselben ist vorherrschend aus Thonschiefer, Glimmerschiefer und Gneis zusammengesetzt, von welch letzterem man eine graue Art unterscheidet, die in größeren Partieen auftritt und gleich den Schiefern in Gestalt von Stöcken und Gängen durchsetzt wird von einem roten Gneis, dem sogen. Protogin. Ähnliche Erscheinungen sind auch beobachtet worden in Mähren, im Riesengebirge und in Norwegen.

Ein Blick auf eine geologische Übersichtskarte (vergl. auch am Schlusse vorliegenden Bandes) belehrt uns, daß der Granit das verbreitetste Massengestein ist, indem es an Ausdehnung den sedimentären Formationen gleichkommt. Da die Vulkane auf einer solchen Karte kaum als Punkte sich verzeichnen lassen, so liegt schon hierin eine Andeutung, daß der Granit auf andere Weise zu Tage getreten sein muß, als die Lava. Er tritt hauptsächlich als Gebirge oder in Gebirgen auf.

Die Granite sind in sehr verschiedener Weise der Verwitterung gegenüber widerstandsfähig und dadurch zeigen die Granitgebirge so verschiedenartige, oft pittoreske (malerische) und seltsame Formen (Abbildungen im Abschnitt dynamische Geologie und im Anhange).

In manchen Gegenden herrschen kuppenartige Berge mit einzelnen Felspartieen vor, welch letztere, aus ruinenartigen Gestaltungen vielfach übereinander gethürmt, oft sehr malerische Ansichten gewähren. Anderwärts bilden sich dagegen mehr die abgerundeten, wollsackähnlichen Blöcke.

Häufig bildet der Granit Gebirgsstöcke und Kerne, um welche sich Gneis und krystallinischer Schiefer als Mantel ablagern; oft auch finden wir, daß der Granit anderes Gestein durchbricht, in dasselbe eindringt und Gänge bildet, in welchen er dann meist ein feineres Korn zeigt, wie wenn hier eine schnellere Erhärtung und Krystallisation desselben eingetreten wäre. Vorzugsweise sind es Gneise und Grauwackenschiefer, die von Granit durchsetzt werden, ja älterer Granit findet sich durchbrochen von jüngerem Granit. Hiernach würde das Auftreten des Granits in eine frühe Epoche der Erdbildung zu verlegen sein. Allein man hat denselben auch in einigen der jüngeren Formationen angetroffen, in der Trias, dem Jura und der Kreide, jedoch nur in vereinzelten und teilweise bezweifelten Fällen. Bemerkenswert ist, daß die Gesteine der Grauwackenformation und die Thonschiefer an den Berührungsstellen mit den durchsetzenden Granitgängen eine merkliche Umänderung in sogen. Hornfels, ein eigentümliches, feinkörniges Gestein von gelblichgrauer Farbe erfahren haben. Erhebliche Änderungen in der Lage der sedimentären Gesteine in der Nachbarschaft von Graniten werden nicht beobachtet, wie es beim Harz und anderen Gebirgen hervortritt.

Eine große Verbreitung hat der Granit in den Alpen, zwar weniger

massenhaft hervortretend, als im Mittelpunkte derselben ihrem Zuge folgende Kerne bildend, an welche dann Gneis und krystallinische Schiefer sich anlehnen. Dabei erscheint er hier mitunter in höchst eigentümlicher Verbindung mit Kalk, von welchem keilförmige Streifen in Granit eingeschlossen sich vorfinden.

Das Hauptgranitgebiet Deutschlands befindet sich im Osten und umschließt das kesselförmige Böhmen. Diese Granite erscheinen im Fichtelgebirge und nordöstlich von demselben, im Erzgebirge, in der Lausitz, dem Riesengebirge und den Sudeten — südöstlich durch den Böhmerwald und bairischen Wald der Donau bis in die Nähe von Wien folgend und nördlich nach Mähren und Böhmen bis in die Nähe von Prag sich ausbreitend. Mehr vereinzelt tritt dagegen der Granit am Brocken, im Thüringer Walde, am Spessart, Odenwald, Schwarzwald und in den Vogesen auf. Ein mächtiges Centralgranitgebiet hat Frankreich im Süden aufzuweisen. Die zahlreichen Granitblöcke, welche über die norddeutsche Ebene bis Polen hin zerstreut sind, sind Findlinge und Sendlinge von dem ausgedehnten nordischen Granitgebiete Skandinaviens; auch im Ural hat der Granit eine große Verbreitung.

Der Granulit kommt nur untergeordnet vor, jedoch unter interessanten Verhältnissen am Fuße des Erzgebirges. Der Syenit zeigt sich häufiger, meist durchsetzt von Granit, in den er oft unmerklich übergeht. Wir begegnen demselben am nördlichen Fuße des Erzgebirges, im Plauenschen Grunde, Thüringer Walde, im Odenwalde bei Darmstadt.

β. Gruppe des Grünsteins[1]).

Unter sämtlichen Eruptivgesteinen besitzen die Felsarten dieser Gruppe die geringste Verbreitung, so daß sie auf geologischen Karten von kleinerem Maßstabe verschwinden. Am häufigsten tritt Diabas auf, lagerartig und begleitet von Mandelsteinen und Schalstein. Der Diorit bildet Kuppen und Hügelreihen, während der Hypersthenit und Gabbro kuppenartig aufgelagert, in Stöcken und Gängen sich finden; dasselbe gilt vom Serpentin, der durch Umwandlung aus Gabbro hervorgegangen zu sein scheint.

Der Diabas, der selten in den Massengesteinen sich zeigt, ist vorzugsweise in der Grauwackenformation zu Hause, wovon bei Dillenburg (Hessen-Nassau) ein interessanter Fall beobachtet wird, indem Diabas, Gabbro und Hypersthen wiederholte Ausbruchreihen bilden, parallel unter sich und mit der Streichungslinie der Schiefer, Kalke, Schalsteine und Mandelsteine. Diabas in Grauwacke findet sich ferner im Harz, in Westfalen, Schlesien und Franken; im bunten Sandsteine von Tirol.

Der Diorit kommt dagegen mehr im Granit (Vogesen, Böhmen); Gneis (Böhmerwald) und Glimmerschiefer (Thüringer Wald) vor; ferner in Thon- und Grauwackenschiefern von Böhmen und Kärnten; endlich vereinzelt in der Steinkohlen- und selbst in der Tertiärbildung (Mähren). Stock- und keilförmig, in Glimmerschiefer und Granulit findet sich der Gabbro, bei Dobschau (Ungarn), Kongsberg (Norwegen); größere, von Granitgängen durchsetzte Partieen bildet er in der Grauwacke am Harz (Okerthal). Über-

[1]) Betreff der Zusammensetzung der Gesteine vergl. Petrographie, S. 165.

gänge von Gabbro in Serpentin sind bekannt von Roßwein (Sachsen) und Cornwall, während anderwärts merkwürdige Übergänge von Serpentin in Granit nachgewiesen worden sind (Berninagebirge, Predazzo). Mächtige Stöcke und Gänge bildet der Serpentin in Gneis und Glimmerschiefer bei La Guépie (Frankreich) und Hohenstein (Sachsen); er ist ferner im Gebiete der Steinkohle (Banat) und in Kreide- und Tertiärbildungen von Italien beobachtet worden, wo eine spärliche Vegetation die von dieser Gebirgsart gebildeten Hügel kennzeichnet.

γ. Gruppe des Porphyrs.

In dieser Formation treten außer den früher (vgl. Petrographie S. 167) erwähnten Arten des Porphyrs, die sich hauptsächlich als quarzführende und quarzfreie oder Porphyrite unterscheiden, sehr häufig Reibungsbreccien, begleitet von Konglomeraten und Tuffen, auf. Dieselbe besitzt nach dem Granit die größte Verbreitung unter den Eruptivgesteinen. Mehrfach werden wiederholte Porphyrausbrüche an derselben Stelle und Umänderungen des Nebengesteines beobachtet, z. B. an der Steinkohle in Schlesien.

Die aus massenhaften Gesteinstrümmern meist schroff und steil ansteigenden Porphyrberge, mit zackigen Kämmen, bilden oft malerische Felspartieen, wovon der Rheingrafenstein im Nahethale ein Beispiel ist. Man begegnet Lagern und Gängen von Porphyren im Gneis und Granit des sächsischen und böhmischen Erzgebirges, im Riesengebirge und Schwarzwalde; in der Grauwacke (Westfalen und ausgezeichnet in Cornwall); in der Steinkohle von Thüringen und der Pfalz; im Rotliegenden bei Oschatz (Sachsen), am Donnersberge und in Baden; im bunten Sandsteine (Odenwald, Schwarzwald, Nahethal und Tirol). Der Pechsteinporphyr tritt vornehmlich in Sachsen (Meißen, Zwickau) und Island auf. Ein interessanter Quarzporphyr findet sich am Südharz, und eine weit verbreitete Bildung dieser Formation findet sich im Thüringer Walde.

Den Schluß der älteren Eruptivgesteine, die einen eigentlichen vulkanischen Charakter nicht haben, bildet die

δ. Gruppe des Melaphyrs.

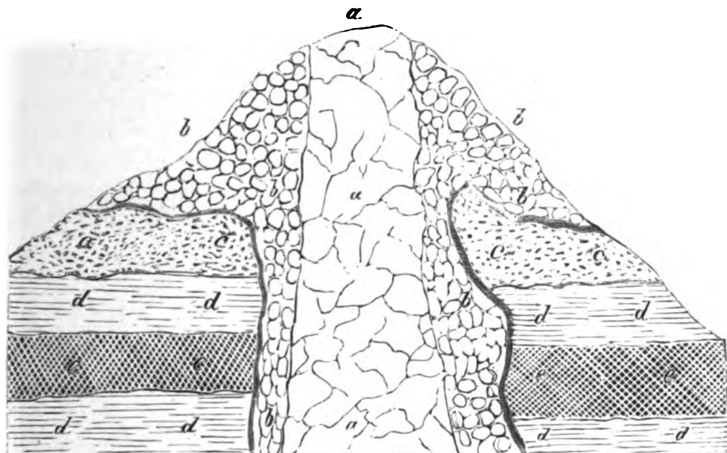
Ihr Auftreten fällt vor die Tertiärzeit. Der Melaphyr findet sich in großer Verbreitung, lagerförmig, in Kuppen, Stöcken und Gängen, meist begleitet von Mandelsteinen und Konglomeraten. Melaphyrgänge treten auf in Granit und Syenit im Thüringer Walde und in Tirol; in der Grauwacke, am Harz; in der Steinkohlenformation der Pfalz und lagerförmig am Rande des Hunsrücks (Oberstein); im Rotliegenden, bei Zwickau, Darmstadt und im nordöstlichen Böhmen. Häufig kommen auch Melaphyre zusammen vor mit Porphyren. Das vom Melaphyr durchsetzte Nebengestein zeigt meist keine Veränderung; doch hat man Thonschiefer jaspisartig und Steinkohle anthracitartig umgewandelt beobachtet, durch die Berührung mit Melaphyr.

b) Jüngere Eruptivgesteine.

ε. Gruppe des Basalts (Trapp).

Gesteine dieser Formation sind, außer dem eigentlichen **Basalt**, der **Dolerit**, **Anamesit**, ferner Konglomerate und Tuffe. Der Basalt tritt in **Kuppen**, Decken und Gängen auf; als die charakteristische Form betrachten wir die Kuppe, insbesondere wenn dieselbe (wie z. B. Fig. 175 zeigt), ihre Ent-

Fig. 175.



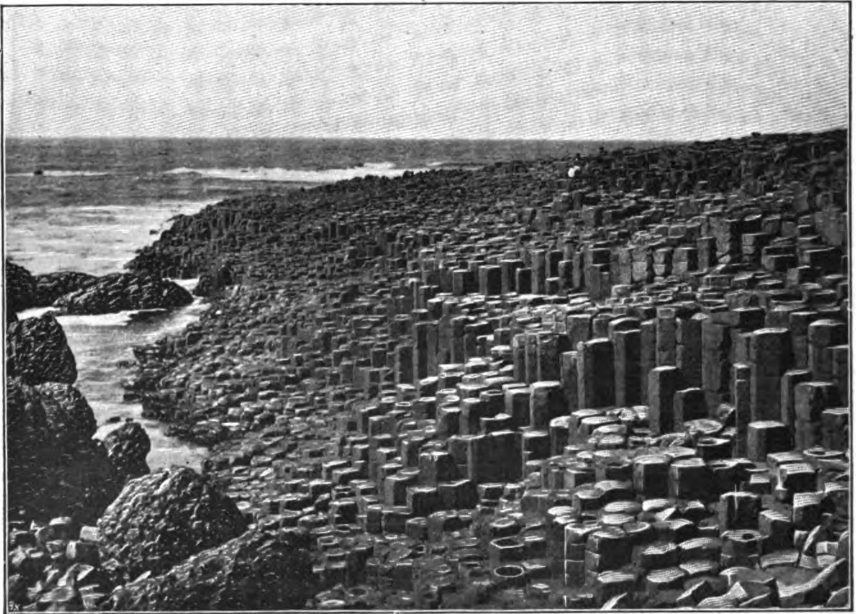
Durchschnitt des Ziegenkopfes am Habichtswalde.
a dichter Basalt; b Basaltkonglomerat; c tertiärer Sand; d d Thonlager; e Braunkohle.

stehung als Ausbruchsbildung recht deutlich erkennen läßt. Ein die sedimentären Schichten durchsetzender Stiel breitet sich oben aus, wodurch die ganze Bildung in ihrer Form einem Pilze gleicht. Eigentliche Krater werden nicht beobachtet. Eine deckenförmige Verbreitung des Basalts scheint dann stattgefunden zu haben, wenn die basaltische Lava aus weiten Spalten sich ergoß, insbesondere, wenn der Ausbruch untermeerisch war. Auf letztere Weise erklärt man die über 1000 Quadratmeilen auf Island ausgebreitete Basaltdecke. Basaltgänge in anderem Gestein sind außerordentlich häufig; sie stechen durch ihre dunkle Farbe oft auffallend ab, insbesondere von den durchbrochenen Kalken.

Das größte Basaltgebirge Deutschlands ist das 40 Quadratmeilen einnehmende, fast ganz aus Basalt bestehende **Vogelsgebirge**; in bedeutender Verbreitung findet sich ferner der Basalt in der Eifel, dem Siebengebirge, Westerwalde, in der Rhön, Meißner, dem Riesengebirge, im böhmischen Mittelgebirge (Mileschauer oder Donnersberg), ja man kann sagen, von dem Basalte der Eifel und der Landskron an der Ahrmündung und Näse-Remagen bis zur Landskrone bei Görlitz ist ganz Mitteldeutschland mit Basalt-

ausbrüchen durchsetzt, schon von fern erkennt man die kuppenförmigen, eigentümlich gestalteten Berge. In Frankreich ist die Auvergne ein ausgedehnter basaltischer Schauplatz, jedoch übertroffen von dem früher erwähnten Basaltgebiete in Island und den Hebriden (Staffa, Fingalshöhle; Abbildungen vergl. später); insbesondere ist der nordöstliche Teil von Irland ausgezeichnet durch seine Basaltbildungen, unter denen die hervorragendste und besuchteste der Riesendamm (Giant's Causeway) ist, den man am leichtesten von Belfast aus über Portrush erreicht. Der Riesendamm besteht aus dichten Reihen von Basaltsäulen, deren Zahl auf ungefähr 40000 geschätzt wird; er erstreckt sich 275 m in das

Fig. 176.



Der Riesendamm.
(Nach einer Photographie von W. M. Spooner & Co., London.)

Meer bei einer Breite von 40 bis 46 m. Die Säulen, die meistens fünf- und sechseckig, seltener siebeneckig sind und 40 bis 60 cm im Durchmesser haben bei einer Höhe von 6 bis 13 m, zeigen die Eigentümlichkeit, daß sie vielfach oben konvex oder konkav sind und aus mehreren Stücken (die Glieder sind meist 20 bis 60 cm hoch) bestehen, die ineinander passen. Es konnte daher in früheren Zeiten der Sage die Volksanschauung Fuß fassen, daß der Damm von Riesen errichtet sei, wie denn Sage und Glaube mancherlei Benennungen eigentümlicher geologischer Bildungen veranlaßt hat (Teufelsmauer, Teufelsmühle, Zwerglöcher, Riesenkessel zc., alles Benennungen, die den Vorstellungen nordischer Völker entstammen). Übrigens finden sich in der Nähe noch mannigfaltige andere merkwürdige Basaltbildungen, so einige Grotten (Portcoon

und Runkerry) und Bildungen, die, wie es auch bei den Sandstein- und Tropfsteinbildungen in entsprechender Weise der Fall zu sein pflegt, besondere Benennungen für die Touristen erhalten haben, so Giant's Well (Riesenbrunnen), Giant's Cannon (Riesenschlucht), Giants organ (Riesenorgel) 2c.

Das größte Basaltgebiet findet sich auf dem Dekkan in Vorderindien (im Nordwesten).

Zu den jüngsten Eruptivgesteinen gehört die

ζ. Gruppe des Trachyts.

Zur Trachytformation gehören vornehmlich Trachyt, Phonolith und Andesit; ferner Perlstein, Bimsstein und Obsidian, in Begleitung von Tuffen und Konglomeraten. Die Trachytbildungen lassen weniger Ausbrüche aus Kratern, mit Bildung pilzförmiger Kuppen erkennen, als die Basalte; sie treten meist massenhaft auf und bilden mächtige Gebirge von 900 bis 1200 m Höhe. Man begegnet jedoch auch Trachytgängen und zwar in allen sedimentären Bildungen und Massengesteinen, insbesondere im Granit. Weniger häufig kommt die säulenförmige Zerklüftung vor; beispielsweise findet sich dieselbe inmitten des Trachyts der Wolkenburg im Siebengebirge und ausgezeichnet schön in der Eifel bei Welcherath. Auf Island durchsetzen sich Trachyt und Basalt gegenseitig, so daß manche Trachyte jünger sind als die Basaltbildungen, und umgekehrt. Bimsstein und Obsidian begleiten die Trachytbildung der Liparischen Inseln und besonders massenhaft die von Mexiko. Ein sehr ausgedehntes trachytisches Gebiet findet sich in Ungarn (Siebenbürgen, Matra, Tokay, Schemnitz); in Deutschland ist das Siebengebirge das bedeutendste und schönste Beispiel der trachytischen Bildungen, die ziemlich verbreitet auch in der Eifel auftreten.

Der Phonolith durchsetzt dieselben Formationen wie der Trachyt; seine Berge zeichnen sich aus durch ihre schlanke Kegelform und treten vereinzelt und reihenweise auf im böhmischen Mittelgebirge, in der Rhön, im Hegau (Bodensee, Hohentwiel) und namentlich innerhalb des großen Granitgebietes von Velay in Frankreich. Seine Klüftung ist plattenförmig, mitunter eigentümlich gehäuft, wie bei dem 1500 m hohen „Gebier", d. i. Garbenhaufen (Auvergne), seltener säulenförmig (Helena).

Alle diese Bildungen hängen unmittelbar mit neueren vulkanischen Bildungen (Maare, erloschene Vulkane) zusammen, wie dies in der Eifel und der Auvergne zu beobachten ist.

C. Paläontologie.

1. Einleitendes.

Früher wurde die Paläontologie hauptsächlich von geologischem Standpunkte getrieben, und die Hauptaufgabe war, die einzelnen Petrefakten kennen zu lernen, um auf das Alter und die Reihenfolge der Schichten, sowie ihre Zusammengehörigkeit schließen zu können. Man hatte erkannt, daß für be-

stimmte Formationen bestimmte Fossilien [1]) (Leitfossilien) charakteristisch sind, und so konnte ihr Vorhandensein eine genauere Bestimmung der einzelnen Schichten ihrem Alter und Ursprunge nach (z. B. als Meer- und Süßwasserbildungen) ermöglichen, wo andere Anhaltspunkte fehlten. Jetzt hat die Kenntnis der Organismen der früheren Erdperioden sich so entwickelt, daß man die Phytopaläontologie der Botanik und die Zoopaläontologie der Zoologie anschließen muß.

Die erweiterte Kenntnis der fossilen Tier- und Pflanzenwelt, namentlich in Amerika, machte es zur Notwendigkeit, die allgemeine Entwickelung des Pflanzen- und Tierreiches von einem Gesichtspunkte aufzufassen; es reiht sich Glied an Glied, von unvollkommenen zu vollkommenen Formen, viel Zwischenglieder sind zu Grunde gegangen, manche davon in früheren Formationen aufgefunden, und der Mensch reiht sich seinem körperlichen Baue nach der Reihe der tierischen Organismen an, ja man glaubt ein neues Zwischenglied im Pithecanthropus gefunden zu haben.

Die früheren Epochen zeigten eine Fülle von Formen (Entwickelung der Säugetiere in älterer Diluvialzeit), die zum großen Teil zu Grunde gegangen sind; nur einzelne verwandte Vertreter gehören der Jetztzeit an. Die Paläontologie ist daher, wie es (siehe I. Teil, S. 365 bis 396) geschehen, den biologischen Wissenschaften anzuschließen, und es kann deshalb hier nur ein Überblick über die Formen gegeben werden, welche im ersten Teile besprochen sind, und zwar geordnet nach Formationen; im übrigen werden das bei den einzelnen Formationen Mitgeteilte und die kurzen Darlegungen beim Diluvium und Alluvium ebenfalls Hinweise geben. Auch die Frage, wie die Petrefakten entstanden und wodurch die früheren Organismen zu Grunde gingen, wie überhaupt neue Arten auftreten konnten, sind Fragen biologischer Natur; die erste berührt auch die Geologie insofern, als die Art und Weise, wie die unorganischen Massen auf die Organismen gewirkt haben unter Mitwirkung von Druck, Salzlösungen u. s. w., geologischer Natur ist (Einbettung, Abdrücke 2c.), während der Zersetzungsvorgang, der bei den Organismen stattgefunden hat, sich den Umänderungen, die nach dem Absterben der Organismen eintreten, überhaupt anschließt. Es stellt also das später folgende Schema einen Überblick über die Formationslehre dar, der wesentlich zur Orientierung dienen soll, unter Zugrundelegung der in der Geognosie und Paläontologie gegebenen Thatsachen.

In der azoischen Formation (Urschieferformation), bei der man die drei Abteilungen Urgneis, laurentische Schichten, huronische Form, unterscheiden kann (circa 10 000 bis 15 000 m mächtig), finden sich in der jüngsten Bildung Spuren von organischen Überresten, sie sind also nicht ganz mit Recht a-zoisch (ohne Reste von Lebewesen) genannt. In den folgenden Formationen gestaltete sich das Leben immer mannigfaltiger und reicher. Zuerst traten nur niedere Tier- und Pflanzenformen, die an das Meer gebunden sind, auf.

[1]) Das früher viel gebrauchte Wort Fossil (aus dem Felde gegraben) wird am besten vermieden. Viele verstehen unter Fossil jeden in der Erde vorkommenden Körper (Versteinerungen, Mineralien), während einige das Wort hauptsächlich von den ersteren gebrauchen.

Die Formen der Steinkohlenperiode lassen das Vorhandensein von Kontinenten oder Inseln voraussetzen, eine eigentümliche Pflanzenwelt kam zur Entwickelung, die sich außerordentlich massenhaft entwickelt haben muß, und in der sekundären Periode (Jura und Kreide) kamen besondere Tierformen zur Ausbildung (Reptilien), von denen einige schon den Übergang zu den höheren Wirbeltieren andeuten, die in der folgenden Epoche, der Tertiärepoche, neben einer Pflanzenwelt, die schon sehr der jetzigen glich, zur höchsten Mannigfaltigkeit und Größe gelangten. Diese Zeit, die Zeit der Braunkohle, führt zu den recenten (neueren) Bildungen des Diluviums und Alluviums über, die man als anthropozoische Perioden bezeichnen kann, da in ihnen der Mensch schon seine Thätigkeit begann und weiter entwickelte. Diese Entwickelung der Tier- und Pflanzenwelt hat ein Verständnis der jetzigen Tier- und Pflanzenwelt, der ganzen Biologie angebahnt.

Immerhin bleiben auch die organischen Überreste für die Formationslehre von größter Wichtigkeit, und deshalb mag bei der nun folgenden Übersicht der Formationen auf die hauptsächlichsten Organismen, die denselben angehörten, hingewiesen werden, ohne daß eine weitere Beschreibung folgt. Dabei wird naturgemäß auf den ersten Teil des Buches der Natur, S. 365 bis 396, zurückzugehen sein, wo auch die Formationen, denen die einzelnen früheren Lebewesen angehört haben, angeführt sind.

2. Übersicht über die Paläontologie.

(Vergl. Tl. I, S. 365 u. ff. vorliegenden Werkes.)

Paläontologie.

Einleitung: Bildung der Versteinerungen (Petrefakten, Fossilien).

Geschichte der Erde.

I. Urzeit, erstes Weltalter, archäische Periode (kurze Schilderung).

II. Altertum der Erde, das zweite Weltalter, paläozoische Periode (Schilderung der Vegetation und Tierwelt).

A. Kambrische Formation:

Irrtümlich für Petrefakten gehaltene Bildungen: Murchisonites, als Seealge angesehen, dendritische Bildung wohl durch Druckwirkung entstanden, und Nereïtes cambriensis, früher für den Abdruck eines Wurmes gehalten (wohl nur die Ausfüllungen eines Kriechtieres).

Trilobiten (krebsartige Tiere), Sao hirsuta.

B. Silurische Formation:

Polypen: Wurzelkoralle (Vierkoraller), Cyathaxonia Dalmani; Sechskoraller, Halysites catenularia und Aulopora repens. — Quallenkorallen (Graptolithen): Monograptus latus, M. turriculatus. — Beutelstrahler (Urseelilien): Hemicosmites pyriformis; Dimerocrinus icosidactylus (eine einfache Seelilie). — Schlangensterne: Ophiura constellata. — Armfüßer (Muscheln): Lingula prima

(Zungenmuschel); Spirifer radiatus, Atrypa reticularis. — Tentakuliten: Tentaculites maculatus; Cardiola interrupta (Leitversteinerung, eine Muschel); Euomphalus rugosus (eine Schnecke). — Nautilus (Schiffboote), ungefähr 1800 Arten: Orthoceras Ludense (Gradhorn) und Lituites cornu arietis (Widderhorn). — Trilobiten: Trinucleus Pongerardi; Calymene Blumenbachii.

C. Devonische Formation (allgemeine Schilderung):

Korallen: Calceola sandalina (Pantoffelmuschel); Haplocrinus mespiliformis (Knospenstrahler); Cupressocrinus crassus (Seelilie). — Armfüßer: Stringocephalus Burtini; Terebratula ferita. — Goniatiten, Ammonshörner: Goniatites costulatus. — Muschelkrebse; Panzerfische, Pterichthys cornutus; Cephalaspis Lyelli.

D. Karbon (Schilderung):

Pflanzenformen: Farne, Bärlappe, Sigillarien (Stigmaria-Wurzeln), Schachtelhalme, Sphenophyllum Schlotheimi (Zweig mit Fruchtähre), Kalamiten. — Selaginella primaeva, Lepidodendron und einzelne Teile davon; Sigillaria pachyderma, Teile von Sigillarien; Stigmaria ficoides. — Annularia longifolia und Teile davon (Kalamarien); Asterophyllites equisetiformis.

Tierformen (wenig wichtig): Fusulina cylindrica (ein Wurzelfüßler); Fusulinenkalk, Knospenstrahler (Haplocrinus). — Seeigel: Palaeocidaris ellipticus. — Armfüßer: Spirifer hystericus. — Schnecken und Muscheln: Posidonomya Becheri (eine Leitmuschel). — Krustaceen: Schwertschwänze, Belinurus rotundatus. — Schiffsboote: Nautilus Koninkii. — Skorpionen und Insekten: Cyclophthalmus Bucklandi (ein Skorpion). — Haifische: Zähne von Cladodus marginatus.

E. Perm (Schilderung):

Pflanzenformen: Nadelhölzer: Ullmannia Bronni.

Tierformen: Armfüßer: Productus aculeatus. — Fische (Schmelzschupper): Palaeoniscus Duvernoy. — Amphibien: Archegosaurus.

III. Mittelalter der Erde, das dritte Weltalter, mesozoische Periode (allgemeine Schilderung).

Vegetation: Nadelhölzer: Voltzia heterophylla. — Laubhölzer: Credneria triacuminata; Fagus polyclada; Hymenaea primigenia.

Tierwelt: Saurier: Ichthyosaurus quadriscissus; Pterodactylus crassirostris (Mosasaurier, Dinosaurier, Atlantosaurier). — Amphibien (Labyrinthodonten): Stegosaurus ungulatus.

A. Trias:

Chirotherium (Fußabdrücke). — Haarstern: Encrinus liliiformis. — Terebratula vulgaris (Leitmuschel für den Muschelkalk). — Ammoniten: Ceratites nodosus. — Saurier: Neckarechse (Belodon).

B. Jura:

Schwämme: Scyphia reticulata. — Korallen: Montlivaultia caryophyllata; Korallenstöcke: Cryptocoenia bacciformis. — Seeigel: Hemicidaris crenularis. — Muscheln: Gryphaea arcuata. — Armfüßer: Ammoniten: Amaltheus margaritatus; Stephanoceras Humphriesianus; Cosmoceras Jason. — Reste der Belemniten: der sogen. Donnerkeil, die Scheide des rostrum der Belemniten, von Belemnites paxillosus. — Libellen: Libelle von Solenhofen. — Krebse: Eryon arctiformis. — Vögel: Archaeopteryx lithographica.

C. Kreide:

Wurzelfüßer aus der weißen Kreide: Dentalina sulcata; Lituola nautiloida; Bulima obliqua; Textularia aciculata. — Seeigel (oft Feuerstein das Versteinerungsmaterial): Galerites albogalerus. — Muscheln (ungleichlappige, dickschalige Rudisten): Hippurites organisans. — Ammoniten: Crioceras (Ancyloceras) Matheronianus.

IV. Neuzeit der Erde, das vierte Weltalter, känozoische Periode (allgemeine Schilderung).

Tertiärformation:

Pflanzenformen: Charakteristische Palmen des Miocän: Flabellaria Ruminiana; Sabal major; Phoenicites spectabilis.

Tierformen: Nummuliten: Nummulites nummularia (Foraminiferen; Nummulitenkalk der Pyrenäen). — Muscheln: Cardium porulosum. — Schnecken: Cerithium hexagonum (Hornschnecke); Voluta ambigua (Faltenschnecke); Mitra scabra (Mützenschnecke); Cassis cancellata (Helmschnecke); Limnaeus pyramidalis (Schlammschnecke); Bulimus ellipticus (Vielfraßschnecke). (Die Schnecken entsprechen vollständig den heute lebenden Formen.)

Höhere Tiere: Glyptodon clavipes (Riesengürteltier); Elephas primigenius (Mammut).

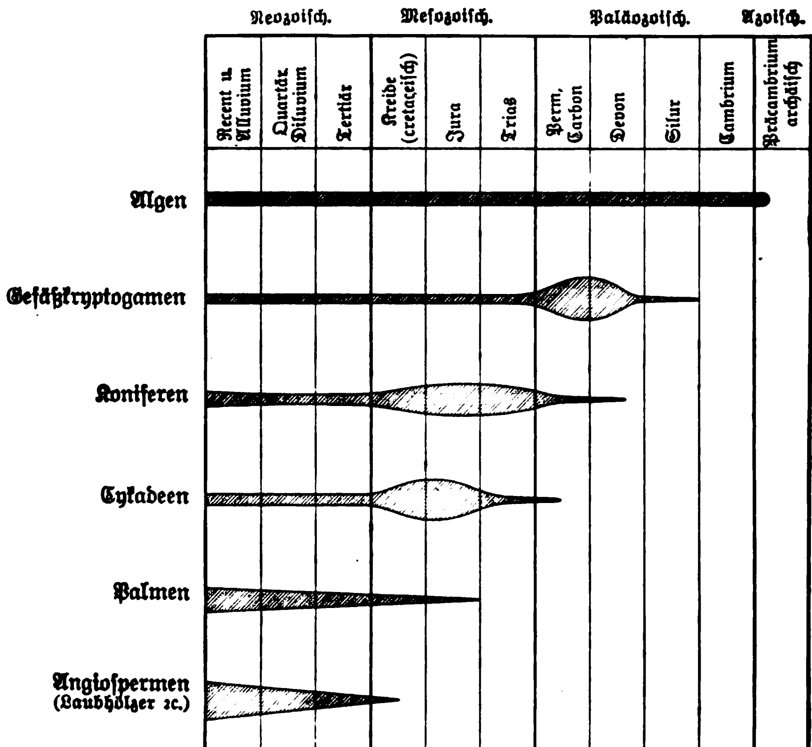
Diesem Überblicke der Formen, die im ersten Teile des Buches der Natur erwähnt und abgebildet sind, folge nun eine graphische Darstellung, die ersichtlich macht, wie in den einzelnen Entwickelungsperioden die Pflanzen- und Tierformen sich entwickelt haben. Da das Interesse sich namentlich an die Entwickelung der höheren Tierwelt knüpft, ist zum Schlusse dieses Abschnittes (S. 230) noch ein besonderer Überblick über die Säugetierfaunen gegeben.

3. Graphische Darstellung der Paläontologie.

Die Stärke der ausgezogenen und schattierten Teile der Fig. 177 u. 178 zeigt ungefähr den Grad der Entwickelung, sowie den Anfang der Ent-

Fig. 177.

Graphische Darstellung der Entwickelungsgeschichte der Pflanzen.

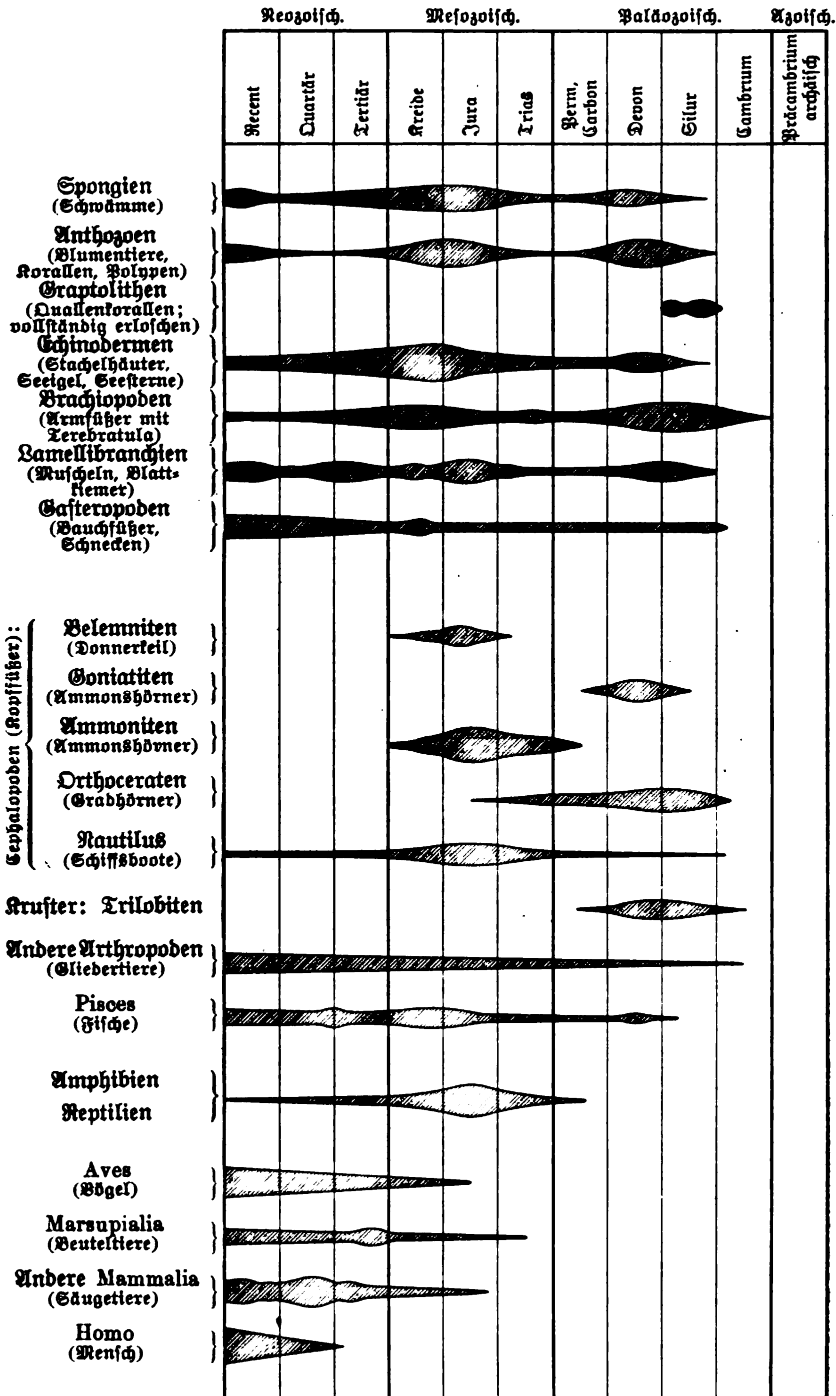


wickelung bei den einzelnen Hauptgruppen. Man erkennt, daß die Algen wohl schon in der präcambrischen Formation vorhanden gewesen sind und in allen Formationen gleichmäßig zur Entwickelung kamen, daß die Gefäßkryptogamen im Karbon, die Koniferen in der Sekundärperiode und die Cykadeen gegen Ende dieser Periode ihre Hauptentwickelung erfuhren, während die Palmen von der Mitte des Sekundär an bis jetzt an Entwickelung zunehmen, ebenso wie die Angiospermen seit der Kreidezeit eine immer vorschreitende Entwickelung und Ausbreitung zeigen.

In ähnlicher Weise ist die graphische Darstellung für das Tierreich verständlich, aus dem ungefähr 30000 paläontologische Arten bekannt sind.

Fig. 178.

Graphische Darstellung der Entwickelungsgeschichte der Tierwelt nach Gümbel.



4. Übersicht über die Säugetierfaunen.

1. Erste große Säugetierfauna (Älteres Tertiär).

(Enthält Übergangsformen von in Wasser lebenden Flossensäugetieren zu Huftieren). Ausgestorben.

Anthracotherium (Kohlentier), Vorform der Schweine. — Anoplotherium (unbewaffnetes Tier), paarhufig, Vorläufer der Wiederkäuer. — Paläotherium (Anchitherium), Unpaarhufer, Vorläufer der Pferde.

2. Zweite große Säugetierfauna (Pliocän und Miocän).

Neogen (typisch: Elephanten und Rhinocerosse). Viele gänzlich ausgestorben.

Mastodonten, diese haben keine Backenzähne mit blätterigem Bau, sondern zitzenförmige, schweinsartige Backenzähne mit sehr dickem Schmelz (M. longirostris mit vier Stoßzähnen). — Dinotherium (Schreckenstier), mit nach unten gebogenen Stoßzähnen, tapirartiger Ausdruck — Backenzähner. — Rhinoceros sansaniensis, mit einem Horn. — Aceratherium incisivum, ohne Horn. — Hippotherium, diese Pferdegattung hatte zwei Nebenhufe. — Hirsche (Cervus), Moschustier (Paläomeryx). Giraffen (Helladotherium). Antilopen, Gazellen, sämtlich Wiederkäuer. — Machairodus (Schwertzahn), katzenartiges Raubtier. — Amphicyon, hundeartiges Raubtier. — Biber und Murmeltier (Nagetiere). — Mesopithecus, ein langschwänziger Affe.

3. Dritte große Säugetierfauna (Diluvialfauna).

Viele Arten völlig ausgestorben.

a) Vollständige Überreste erhalten: Mammut (Elephas primigenius). — Rhinoceros tichorhinus (mit knöcherner Nasenscheidewand), zweihörniges Nashorn. — Ursus spelaeus (Höhlenbär). — Hyaena spelaea (Höhlenhyäne). — Felis spelaea (Höhlenlöwe). — Amerikanische Fauna des Pampaslehmes (Löß): Edentaten, Megatherium, Mylodon, Glyptodon.

b) In historischer Zeit oder kurz vorher ausgestorben: Auerochs [1]), Ur, Bos Urus oder primigenius, vielleicht Stammvater des Rindes. — Bos frontosus und brachyceros (vergl. Teil I, S. 244). — Cervus megaceros, Schelch, ein Hirsch mit 11 bis 12 Fuß spannendem Geweih. — Stellers Borkentier.

c) noch fortlebende Wiederkäuer: Ovibos moschatus, Moschusochse. — Cervus tarandus, Renntier, ebenso Zeitgenossen der damaligen und jetzigen Menschen, wie Luchs, Wildkatze, Wolf, Dachs, Edelhirsch, Reh, Schwein, Biber, Fischotter.

---

[1]) Das jetzt als Auerochs bezeichnete Rind ist der Wisent oder europäische Bison, Bison europaeus.

5. Einige Worte vom „Darwinismus“ [1]).

Wenn wir die Formationen der Erde und der Organismen, von denen sie in den verschiedenen Epochen bewohnt wurde, betrachtet haben, so drängt sich uns unwillkürlich die Frage auf, ob in der Welt des Lebendigen gleiche Gesetze der Entwickelung vorhanden sind, wie in der Geschichte der Erde, ob ein Zusammenhang der belebten Organismen untereinander besteht, ob wir auch hier ein Fortschreiten vom Niederen zum Höheren feststellen können. Nirgends in der Natur sehen wir ja so deutlich das Werden, Wachsen und Vergehen, als in der Tier- und Pflanzenwelt; das Leben der Tiere ist es besonders, aus dessen Beobachtung wir in letzter Linie die Überzeugung, daß ein ewiger Wechsel in der Natur besteht, abgeleitet haben. Ein geistreicher Philosoph hat dieser Überzeugung durch die Worte Ausdruck verliehen „Nichts ist beständig als der Wechsel“. — Sehen wir nun in dem Leben der einzelnen Pflanze, des Tierindividuums eine Entwickelung sich vollziehen, so ist die Frage berechtigt, ob die Art, zu welcher das Tier gehört, zu allen Zeiten gleich war, oder ob auch hier ein Wechsel vorhanden ist, eine Art im Laufe der Zeit von einer niederen Organisation zu einer höheren sich entwickelt hat. — Wir beobachten eine unendliche Mannigfaltigkeit in den Formen der Tier- und Pflanzenwelt. Wie soll man sich die Beziehungen der Formen untereinander, wie die Beziehungen der Lebewesen, die jetzt vorhanden sind, zu früher vorhandenen vorstellen? — Die Antwort der Wissenschaft auf alle diese Fragen läßt sich an den Namen des großen Naturforschers Darwin anknüpfen. Darwinismus nennt mancher gern alles, was in der Wissenschaft über die eben aufgeworfenen Fragen gelehrt wird. Vielfach sind über das Wesen des Darwinismus und die Lehren desselben durchaus irrige Meinungen verbreitet. Die Erdgeschichte und die Entwickelung der Organismen werden durch Zuhülfenahme dieser Theorie, die sie gewissermaßen beweisen, dem Verständnis näher gebracht.

Zwei große Abteilungen lassen sich in der Lehre finden, die gemeiniglich mit „Darwinismus“ bezeichnet wird. Die erste ist die Grundlage der ganzen Darwinschen Lehre, und, wie hinzugefügt werden darf, zugleich die Grundlage der modernen Zoologie und Botanik. Es ist die Descendenztheorie, nach der alle lebenden Geschöpfe im weitesten Sinne blutsverwandt sind.

Der zweite Abschnitt betrifft die Lehren Darwins specieller, es ist die Lehre der Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl, und es genügt, um eine vorläufige Orientierung über diesen Teil zu ermöglichen, die Schlagworte Vererbung, Anpassung, Kampf ums Dasein, Überleben des Passendsten zu nennen.

a) Descendenztheorie.

Keineswegs ist dieselbe von Darwin zuerst ausgesprochen worden. Die Anschauung, daß nicht nur die Individuen einer Art, sondern auch die Arten untereinander verwandt seien, daß also mehrere Arten aus einer früheren

[1]) Diesen Abschnitt hat Herr Dr. Ernst Schwalbe in Heidelberg bearbeitet.

gemeinsamen Stammart hervorgegangen seien, war schon vor Darwin vielen Naturforschern geläufig. Mehr oder minder deutlich ist diese Ansicht schon in früheren Jahrhunderten ausgesprochen worden. Dadurch, daß man in der Systematik eine Art a mit der Art b für näher verwandt als mit der Art c hielt, war schon ein solches Verhältnis geahnt, wenn auch der Ausdruck „verwandt" von den meisten nur bildlich gebraucht wurde. Zu den überzeugten Anhängern der Descendenztheorie vor Darwin gehören vor allem Buffon, Lamarck, Geoffroy St. Hilaire von Franzosen, von Deutschen Leopold von Buch, Oken, Goethe, in England der Großvater Darwins, Erasmus Darwin. Es muß aber hervorgehoben werden, daß durch das Thatsachenmaterial, das Darwin beibrachte, die Descendenzlehre eine ausgedehnte Begründung erhielt, und daß sie seitdem die Grundlage der Forschung geworden ist. — Zur Erläuterung des Begriffes scheint es zweckmäßig, zuerst eine gegenteilige Ansicht kurz darzustellen.

Die Ansicht Cuviers hat durch dessen große Autorität am Anfange dieses Jahrhunderts die Descendenzlehre, die ihm gegenüber besonders Geoffroy St. Hilaire vertrat, in der Wissenschaft verdrängt und die Entwickelung dieser Anschauung auch weiterhin lange aufgehalten. Cuvier, dessen Verdienste als vergleichender Anatom und Begründer der Paläontologie durch diesen Umstand nicht geschmälert werden, war der Ansicht, daß sich die Entwickelung der Erde zu ihrem jetzigen Zustande nicht kontinuierlich in derselben Weise vollzogen habe, wie wir sie jetzt beobachten, sondern daß die Entwickelung in bestimmten Zwischenräumen durch große Revolutionen unterbrochen worden sei. Diese gewaltigen Erdrevolutionen, seien es nun vulkanische Ausbrüche oder allgemeine Sintfluten, mußten naturgemäß alles Lebendige auf der Erde vernichten. Nach einer solchen Revolution entstand dann eine ganz neue Schöpfung; ganz neue Tierformen, eine andere Pflanzenwelt als die der vorhergehenden Erdepoche entwickelten sich. Daß einzelne Formen sich aus der früheren Erdperiode in die neue gerettet haben könnten, gab Cuvier zu, doch nahm er diese Formen nicht zum Ausgangspunkte der neuen Lebewelt. — Die geologische Anschauung der Erdrevolutionen wurde durch Lyell widerlegt.

Die Cuviersche Theorie nahm also an — und das ist zunächst die Hauptsache —, daß jede Art für sich entstände, daß sie nicht der Ausgangspunkt neuer Arten sei, sondern daß diese wieder neu entstehen mußten. Eine Art stirbt nach dieser Theorie entweder im Laufe einer Erdperiode aus, oder wird durch die Schlußkatastrophe der Erdperiode vernichtet. — Wenn man zugeben muß, daß wir nicht wissen, wie ein belebtes Wesen entstehen kann aus unbelebtem Materiale, so verlangte die Cuviersche Theorie, daß ein solches unerklärliches Entstehen oft, zu verschiedenen Zeiten, zu stande gekommen sei, daß sofort hochorganisierte Wesen sich aus unbelebtem Materiale entwickelt hätten. Macht man dagegen die Voraussetzung, daß alle Wesen verwandt sind, daß das Höhere sich aus dem Niederen entwickelt habe, so braucht man nur einmal die Entstehung des Belebten aus dem Unbelebten anzunehmen.

Die Descendenzlehre sagt also aus: Alle lebenden Wesen sind blutsverwandt in letzter Linie, ihre Ähnlichkeit beziehentlich Unähnlichkeit beruht

auf näherer oder entfernterer Verwandtschaft. — Es findet eine Entwickelung, eine Ausbildung der einzelnen Geschlechter statt, die im allgemeinen vom Niederen zum Höheren vorschreitet. Dadurch wird gefordert, daß die hypothetischen Stammeltern der lebenden Wesen niedrig organisiert waren und daß in früheren geologischen Epochen entweder eine oder nur wenig Stammformen der Organismen sich aus dem Unbelebten bildeten.

Wie dieses letztere geschehen ist, entzieht sich völlig unserer naturwissenschaftlichen Einsicht. Viel hat man gesucht, ein Beispiel dafür zu finden, daß ein Lebewesen aus totem Materiale entsteht, oft haben Forscher geglaubt, diese Erscheinung, die „Urzeugung" (Generatio aequivoca) beobachtet zu haben. Stets hat sich bei weiterem Fortschreiten herausgestellt, daß ihre Meinung falsch war. Wir kennen in der That keine „Urzeugung"! Wenn nun auch die ersten Ahnenformen unbekannt sind, so lassen sich doch die beobachteten Thatsachen am einfachsten aus der Grundannahme der Descendenztheorie erklären.

zwar keine Saprobiose, doch wäre Archigonie denkbar.

Was ist eine Art? Ist die Art unveränderlich oder nicht? — Wir können zunächst nur auf der Erde eine unzählige Menge von einzelnen Lebewesen, einzelnen „Individuen" beobachten, die untereinander mehr oder weniger gleich sind. Viele Individuen haben eine auffallend große Gleichheit schon dem Ansehen nach, und die Anatomie lehrt uns, daß auch ihr Körperbau im wesentlichen gleich ist. Individuen, die sich in allen wesentlichen Stücken gleichen, betrachten wir als zu einer „Art" gehörig. Eine völlige Gleichheit giebt es nicht, jedes Lebewesen ist etwas anders als das andere, das gleichwohl zur selben Art gehört. Diese Erfahrung ist schon in dem alten Worte im Volksmunde ausgedrückt: „Kein Blatt gleicht dem andern". — Wir machen nun weiter die Erfahrung, daß die Individuen, die aus dem Samen *einer* Pflanze stammen, die Vögel, die aus *einem* Neste sind, kurz und gut die *verwandten* Lebewesen in der Regel einander ähnlicher sind als irgend welchen anderen. Da nun die Individuen einer Art unter sich eine weit größere Gleichheit haben als mit anderen Arten, so lag der Schluß nahe, daß alle Wesen, die zu einer Art gehören, unter sich verwandt seien, daß also alle Tiere oder Pflanzen einer Art von einem Paare abstammen, das schon die Eigenschaften dieser Art besaß. Diese Annahme der Verwandtschaft aller zu einer Art gehörigen Lebewesen ist ebenso eine Hypothese, wie es die Descendenzlehre ist, kein Mensch kann direkt beweisen, daß eine solche Verwandtschaft existiert; nur wird durch diese Annahme am leichtesten die auffallende Übereinstimmung der Individuen einer Species verständlich.

Ray, welcher den Artbegriff im 17. Jahrhundert aufstellte, und nach ihm besonders *Linné*, nahmen nun an, daß zwar alle Tiere einer Art von einem Paare derselben Art abstammten, daß jede Art aber für sich entstanden sei, — gleich mit denselben Eigenschaften ausgerüstet entstanden sei, wie wir sie heute vor uns sehen. Im wesentlichen war, wie gesagt, auch *Cuvier* dieser Ansicht. So wurde die Unveränderlichkeit der Arten behauptet, der strenge Abschluß einer jeden gegen jede andere.

Ist nun aber der Artbegriff wirklich ein so feststehender? Wie jeder weiß und oben gesagt wurde, ist kein Individuum dem anderen gleich, be-

stimmte Individuen einer Art sind unter sich ähnlicher, als den anderen derselben Art. So kommen Unterabteilungen, Unterarten zustande. Es giebt Unterschiede, die sich innerhalb einer Art mit großer Konstanz stets wiederfinden, und zwar so, daß Eltern, welche gewisse Merkmale besitzen, durch die sie sich von anderen Individuen derselben Art unterscheiden, stets Nachkommen erzeugen, welche dieselben Merkmale haben. Solche Individuen bilden dann eine Unterart oder Varietät. Es giebt Varietäten derselben Art, die sich untereinander durch solche Merkmale unterscheiden, daß oft zwei verschiedene Arten keine so hochgradigen Verschiedenheiten besitzen. Dies ist der Fall besonders bei unseren Haustieren. Ein grönländischer oder sibirischer Hund steht im Baue und Aussehen entschieden einem Wolfe viel näher, als einem Mops. Dennoch halten wir Mops und sibirischen Hund nur für verschiedene Rassen, Wolf und Hund für verschiedene Arten. Man sieht, die Abgrenzung einer Art ist keineswegs leicht, und thatsächlich ist es oft nur Geschmackssache, ob man zwei verwandte Formen für verschiedene Arten oder Varietäten erklären will. Dasselbe gilt auch in der Botanik, wie bei den Rubusarten (Brombeersträuchern), doch wollen wir uns zunächst an das Tierreich halten. Man hat sich nach Merkmalen umgesehen, um mit Sicherheit sagen zu können, was ist verschiedene Art, was Varietät oder Rasse. Man glaubte gefunden zu haben, daß nur Angehörige derselben Art Junge erzeugen könnten, die wiederum Junge unter sich erzeugten. Angehörige verschiedener Arten könnten zwar unter sich Junge erzeugen, wenn sie miteinander „verwandt" seien, aber diese Jungen seien entweder selbst oder in der nächsten Generation nicht fortpflanzungsfähig. Das bekannteste Beispiel ist wohl, daß das Maultier bezw. der Maulesel keine Nachkommenschaft bekommen kann. Diese Idee, die Art durch eine bestimmte Eigenschaft sicher abzugrenzen, hat sich als nicht haltbar erwiesen. Bastarde[1]) von Hasen und Kaninchen sind unter sich fortpflanzungsfähig, andererseits giebt es verschiedene Rassen derselben Tierart, die mit einander nicht fortpflanzungsfähig sind. Es läßt sich also auf keine Weise der Artbegriff einheitlich feststellen, die Art sicher abgrenzen.

Wir finden nun, daß mehrere Arten untereinander wieder gleicheren Bau zeigen, als dieselben verglichen mit anderen. So stehen Katze und Löwe im Baue sich näher, als Löwe und Bär. Wenn wir nun dieselben Prinzipien der Betrachtung hier anwenden, wie zur Festlegung des Artbegriffes, so kommen wir zu der Anschauung, daß Löwe und Katze in einer nicht so fern zurückliegenden Zeit gleiche Stammeltern gehabt haben, wie Löwe und Bär. Katze und Bär unter sich zeigen wieder eine größere Übereinstimmung des Baues, als Katze und Pferd. Katze und Pferd wären also wiederum entferntere Verwandte als Katze und Bär. Die verschiedenen Gruppen, die sich im Tier- und Pflanzenreiche bilden lassen, beruhen also nach der Descendenzlehre auf wahrer Verwandtschaft; unsere Aufgabe ist es, den größeren oder geringeren Grad derselben zu erkennen. — Der Begriff Art ist also nur ein konventioneller,

---

[1]) Bastarde nennt man die Abkömmlinge aus der Mischung zweier Arten, z. B. das Maultier.

kein in der Natur absolut gegebener. — Die Eigenschaften einer Art sind auch nicht stets die gleichen — sonst könnten so verschiedene Tiere, wie Löwe und Pferd, in letzter Linie nicht von denselben Eltern abstammen —, sondern sie sind veränderlich, eine Art geht aus der anderen hervor. Die Zoologie und Botanik haben daher die Aufgabe, die Stammesgeschichte der Tiere und Pflanzen zu ergründen.

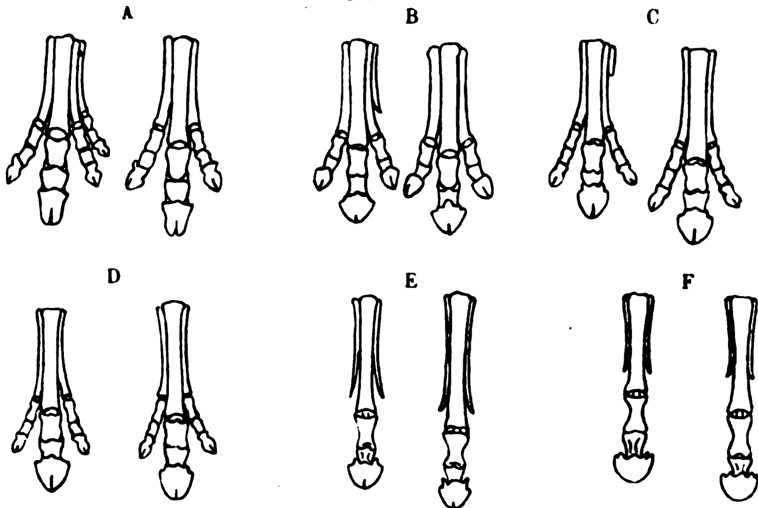
Es kann sein, daß unter den jetzt vorhandenen Arten eine von der anderen abstammt, im allgemeinen aber werden jetzt kaum noch die Vorfahren von zwei verschiedenen Arten leben; die Arten, die jetzt existieren, haben zwar gemeinsame Stammformen gehabt, aber diese sind in der Regel ausgestorben. Wir können also die jetzt lebenden Formen nicht aneinanderreihen und stets von niederen zu höheren vorschreiten, sondern wir müssen dieselben vielmehr nebeneinander stellen; die jetzt lebenden Formen sind mehr oder minder nach verschiedenen Richtungen ihres Baues selbständig und eigenartig entwickelt, die Stammformen, die vermittelnden Formen, sind in der Regel untergegangen. Darwin oder seine Nachfolger haben zum Beispiel nie behauptet, die jetzt lebenden Beuteltiere, etwa das Känguru, seien die direkten Vorfahren des Affen gewesen. Wenn die Wissenschaft annimmt, daß die Vorfahren der Affen auch ein „Beutelstadium" gehabt haben, so soll damit nur gemeint sein, daß die Vorfahren des Affen Beuteltiere waren, aber nicht gleich den jetzt lebenden Formen, dem Känguru oder Opossum; sondern daß Beuteltiere und Affen beide von den gemeinsamen Ahnen, den Urbeuteltieren, abstammen, daß die gegenwärtigen Beuteltiere nur einen direkteren und konservativeren Zweig der Nachkommenschaft dieser Urbeuteltiere darstellen, als die Affen.

Sehen wir uns nun nach Beweisen für die Wahrheit dieser Descendenztheorie um. Zunächst ist die natürliche Forderung, daß uns solche Ahnenformen und vermittelnde Zwischenformen gezeigt werden. Es ist ja klar, daß, wenn Arten nur konstant gewordene Varietäten sind, wenn zwei Arten dadurch zu Arten werden, daß die vermittelnden Varietäten zu Grunde gehen, wir solche Ahnenformen und vermittelnde Varietäten finden müssen. Von einer Art entstehen eine Menge Unterarten. Bleiben wir einmal beim Beispiele des Hundes. Wir haben die verschiedensten Varietäten. Gingen nun durch irgend welche Gründe alle diese Varietäten mit Ausnahme des Mopses und des sibirischen Hundes zu Grunde, so würde sich kein Mensch besinnen, beide Tiere für grundverschiedene Arten zu halten. Solche überleitenden Varietäten und Stammformen, wie wir sie jetzt beim Hunde haben, muß es gegeben haben auch bei anderen Tieren, als unseren Haustieren, wenn man die Descendenztheorie für richtig halten soll. Da die Stammformen und Zwischenformen wahrscheinlich in früherer Zeit gelebt haben, selten sich noch bis auf den heutigen Tag erhalten haben werden, so wenden wir uns zunächst an die Paläontologie.

Hat die Paläontologie Belege für die Richtigkeit der Descendenztheorie? Allerdings. — Und zwar spricht die ganze Paläontologie die beredteste Sprache für die Lehre der Descendenz, wenn man sich vergegenwärtigt, wie unvollkommen ihre Zeugnisse nur sein können. Erstens eignen sich nur sehr

wenig organische Gebilde zur Versteinerung, vor allem die Schalen der Muscheln und Schnecken, dann die Knochen der Wirbeltiere. Wie vieler Umstände aber bedurfte es noch, um eine Versteinerung zu ermöglichen! Es würde zu weit führen, hier alle diese Umstände aufzuzählen. Es ist erstaunlich, besonders wenn man bedenkt, ein wie kleiner Teil der Erde erst geologisch durchforscht ist, daß die Paläontologie soviel Licht gebracht hat. In der Fig. 179 sind die Extremitäten verschiedener pferdeartiger Tiere abgebildet. Aufs schönste kann man erkennen, wie in der ältesten Zeit, im Eocän der Tertiärepoche, noch mehrere Zehen vorhanden waren, wie dann allmählich alle Zehen reduziert wurden bis auf eine, den Huf, mit dem das Pferd jetzt auftritt. Noch bei der heutigen Pferdeform findet man neben der Hauptzehe Andeutungen („Rudimente") zweier weiteren Zehen, die sogen. Griffelbeine. — Es giebt ferner in den Versteinerungen schöne Übergangsformen zwischen Reptilien und Vögeln; der berühmte Archaeopteryx (siehe

Fig. 179.



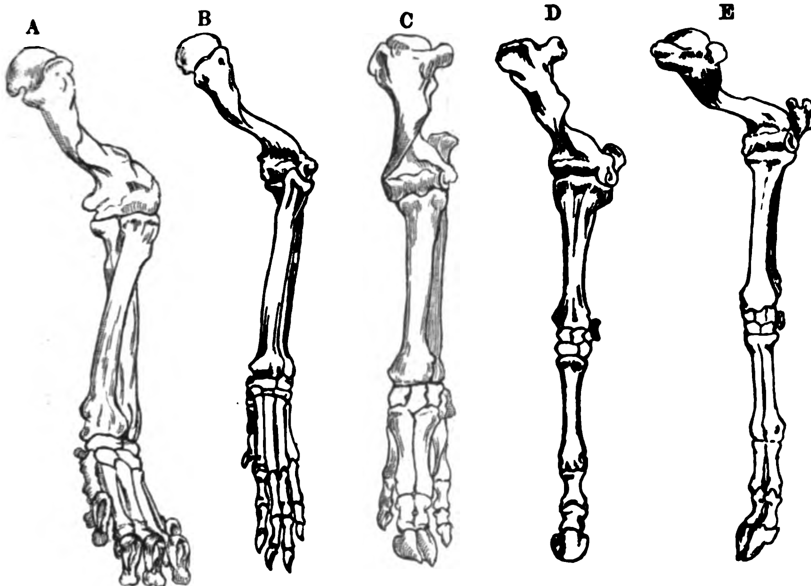
Stammreihe des Pferdes. *A* Orohippus; *B* Mesohippus; *C* Miohippus (Anchitherium); *D* Protohippus (Hipparion); *E* Pliohippus; *F* Equus. Links ist stets die vordere, rechts die hintere Extremität gezeichnet.
(Nach Marsh aus C. Claus, Lehrbuch der Zoologie.)

Abbild. Teil I, S. 389) war ein Geschöpf, das mit Federn versehen war, jedoch Zähne besaß, wie ein Reptil und auch in anderer Hinsicht Ähnlichkeit mit einer Eidechse hatte. — Unter vorweltlichen Schnecken finden sich verschiedene Zwischenformen zwischen einer ganz flachen Art und einer turmartig gebauten. Es ist in den paläontologischen Urkunden das Gesetz bestätigt, daß die einfacheren, weniger hoch stehenden Lebensformen in älteren Epochen auftreten, als die komplizierteren höherstehenden. Von allen Tieren treten die höheren Wirbeltiere zuletzt auf, die Blütenpflanzen erscheinen später als die Kryptogamen.

Ein weiterer sehr starker Beweis für die Richtigkeit der Descendenzlehre

liegt in den Lehren der vergleichenden Anatomie. Die Übereinstimmung im Baue der Tiere wird am besten durch die Annahme der Verwandtschaft erklärt. Die vergleichende Anatomie lehrt, daß im Baue vieler Tiere, welche sich äußerlich sehr wenig gleichen, doch eine außerordentliche Ähnlichkeit besteht. Gewiß sind die vorderen Extremitäten eines Löwen, Hundes, Ebers, Hirsches, Esels außerordentlich verschieden. Sehen wir uns die Fig. 180, die Gegenbaurs vergleichender Anatomie entnommen ist, an, so fällt sofort die große Ähnlichkeit im Baue des Skelettes der verschiedenen Vorderbeine auf. Jeder sieht, daß alle diese Tiere im Laufe des Vorderbeines gleichviel Gelenke besitzen, daß der Vorderarmknochen oder Humerus überall eine ähnliche Gestalt hat, daß bis auf den Esel überall zwei Unterarmknochen sichtbar

Fig. 180.

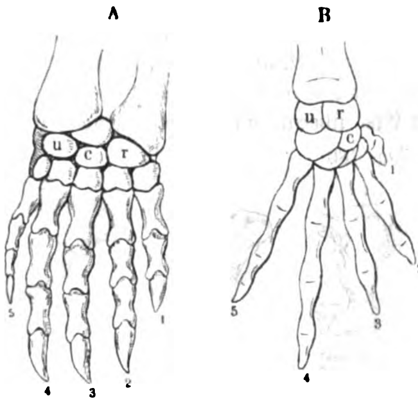


Linke Vordergliedmaße verschiedener Säugetiere.
A Löwe; *B* Hund; *C* Eber; *D* Esel; *E* Hirsch.
(Nach Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere.)

sind 2c. Ebenso wird jeder aus der Fig. 181 (a. f. S.) ersehen, daß die Teile des Vorderfußes einer Schildkröte und die eines Frosches ohne weiteres vergleichbar sind. Es erklärt sich auch durch die Annahme der Descendenztheorie eine im anderen Falle ganz unerklärliche Erscheinung, nämlich der „Atavismus“ oder „Rückschlag zur Ahnenform“. Wir finden oft, daß Varietäten der Tiere ganz den Bau solcher anderen Tierformen wiederholen, die wir aus bestimmten Gründen als Ahnenformen dieser Tiere ansprechen. So kommt eine Verlängerung der „Griffelbeine“ zu „Nebenzehen“ beim Pferde oder Esel vor und ist als eine Annäherung an die Ahnenform, als „Atavismus“, zu betrachten. Solche Atavismen sind in der vergleichenden Anatomie zahlreich bekannt.

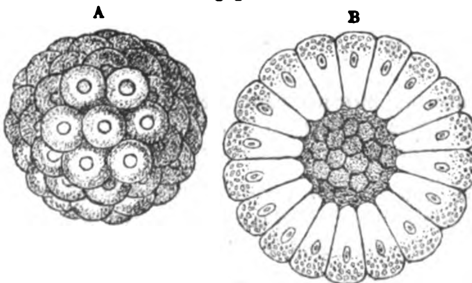
Kommen wir nun zur Entwickelungsgeschichte. Die einfachste Lebensform im Tierreiche ist die Zelle; die einfachsten Tiere bestehen nur aus einer Zelle, die vorgeschritteneren (Metazoen) sind aus vielen Zellen zusammengesetzt. Ein jedes Tier hat jedoch in seiner Entwickelung ein Zellstadium durchlaufen, das Ei ist eine Zelle. Durch fortgesetzte Teilung der Zelle entsteht ein Zellhaufen, eine Kugel, die man mit einer Brombeere (Morula) verglichen hat (vgl. Fig. 182). Auch als Blastula (Keimblase) bezeichnet man diese Zellkugel. Dadurch, daß sich diese Kugel einstülpt, wie man einen Gummiball um die Faust stülpt, entsteht die Gastrula. Fig. 183 giebt die Durchschnitte solcher Gastrulae wieder. Der eingestülpte Teil der Gastrula heißt inneres Keimblatt (Entoderm), der Teil, der nach außen gerichtet ist, äußeres Keimblatt (Ectoderm). Ein solches Gastrulastadium macht ein jedes mehrzellige Tier in seiner Entwickelung durch. Die niedersten mehrzelligen Tiere, die „Cölenteraten“ (z. B. die Quallen, Polypen), zeigen auch erwachsen ein solches Gastrulastadium, das man also auch Cölenteratenstadium nennen kann. Diese allgemeine Abstammung der Tiere von einer Zelle, das gemeinsame Entwickelungsstadium einer Gastrula (siehe Fig. 183) ist am leichtesten durch die Annahme der Verwandtschaft aller Tiere erklärbar. Wir können unter dieser Annahme die eben geschilderten Thatsachen so ausdrücken, daß wir sagen: jedes Tier macht ein Protozoen- und ein Cölenteratenstadium in seiner Entwickelung durch, ebenso wie der Stamm der höheren Tiere in seiner Stammesentwickelung die Stadien des Protozoons und des Cölenterats durchgemacht hat. Die Entwickelungsgeschichte des Individuums wiederholt gewisse Zustände der Stammesgeschichte. — Diese Anschauung,

Fig. 181.



Rechte Hand *A* einer Schildkröte, *B* eines Frosches (Unke). (*u*, *c*, *r* die entsprechenden Knochen.)
(Nach Gegenbaur, Vergleichende Anatomie.)

Fig. 182.

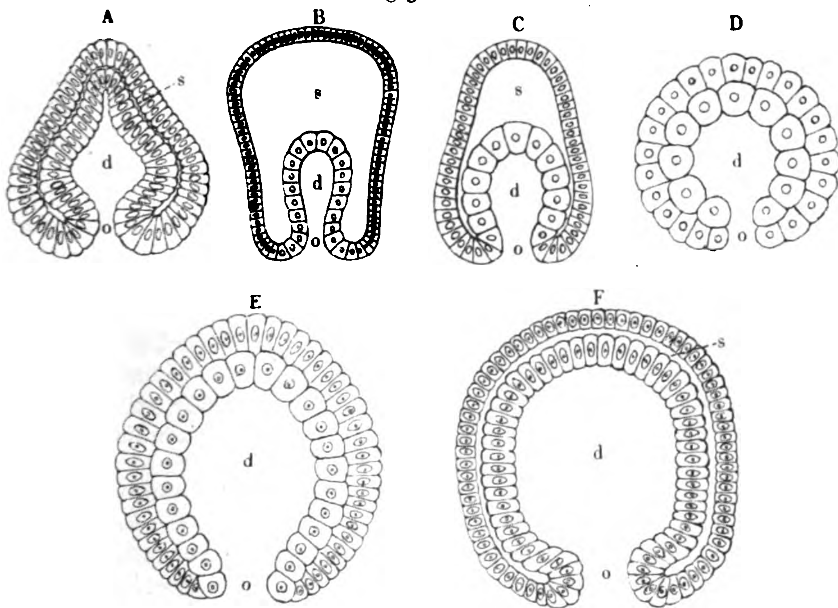


Maulbeerstadium aus der Entwickelung einer Koralle. *A* Plastisch betrachtet; *B* Durchschnitt durch ein etwas älteres Stadium.
(Nach Haeckel, Anthropogenie.)

das biogenetische Grundgesetz von Haeckel, ist eine sehr fruchtbare gewesen.

Endlich haben wir in der Verbreitungsweise der Tiere und Pflanzen noch einen großen Wahrscheinlichkeitsbeweis für die Descendenzlehre und die Veränderlichkeit der Arten, zumal wenn man die Lehren der Geologie in richtiger Weise mit den Lehren der Tier- und Pflanzengeographie kombiniert. Man hat sehr häufig gefunden, daß auf Inseln eigene Arten

Fig. 183.



Gastrulae verschiedener Tiere im Durchschnitt.
A Gastrula eines Pflanzentieres, *B* eines Wurmes, *C* eines Stachelhäuters (Echinodermen), *D* eines Arthropoden (Krebses), *E* eines Mollusken, *F* eines Wirbeltieres (Amphioxus). In allen Figuren ist *s* die Furchungshöhle, *d* der Urdarm, *o* der Urmund.
(Nach Haeckel, Anthropogenie.)

vorhanden sind, die zwar den entsprechenden des nahen Festlandes sehr ähnlich, aber doch soweit verschieden sind, daß man sie als besondere Arten aufstellt („vikariierende Arten").

Diese Thatsache läßt sich wohl nicht anders als durch die Annahme erklären, daß in früheren Zeiten, als etwa noch eine Verbindung der Insel mit dem Festlande bestand, dieselbe Art Festland und spätere Insel bewohnte. Nachdem die Insel abgetrennt war, bildeten sich die Nachkommen auf der Insel etwas anders aus als auf dem Festlande. Wie sehr die Thatsachen der Tiergeographie für die Descendenzlehre (und auch die anderen Ansichten Darwins) sprechen, geht wohl daraus zur Genüge hervor, daß gerade durch das Studium der Verbreitung der Tiere im Malayischen Archipel Wallace

unabhängig von Darwin zu fast genau denselben Ansichten wie dieser gelangte. Seine Ansichten boten die Veranlassung, daß zu gleicher Zeit auch Darwin mit seiner Theorie hervortrat. Man kann hier übrigens hinzufügen, daß ein ähnlicher Beweis auch hinsichtlich der vergleichenden Anatomie zu führen ist. Gegenbaur veröffentlichte sein epochemachendes Werk über vergleichende Anatomie, welches durchaus auf dem Boden der Descendenzlehre steht, in eben demselben Jahre 1859, in dem Darwins Buch über die Entstehung der Arten erschien.

So ist auf die Zeugnisse der Paläontologie, vergleichenden Anatomie, Entwickelungsgeschichte und Tiergeographie, die hier nur angedeutet, nicht im geringsten ausgeführt werden konnten, die Descendenzlehre gegründet.

b) Entstehung der Arten.

Durch die Descendenzlehre wird die Veränderlichkeit der Arten vorausgesetzt. Andererseits gehört zu dem Begriffe der Art auch der Begriff einer gewissen Konstanz. Welche Faktoren sind es nun, die einerseits die Konstanz garantieren, andererseits an der Veränderung der Art wirken? Für die Konstanz ist schon seit langer Zeit die Vererbung der elterlichen Eigenschaften auf die Kinder in Anspruch genommen worden. Es entspricht das einer alltäglichen Erfahrung, daß die Abkömmlinge den Eltern sehr ähnlich werden. Worauf die Vererbung beruht, ist uns unklar, jedenfalls aber weiß ein jeder, was es heißen soll, wenn die Erhaltung der einer Art eigentümlichen Eigenschaften auf Vererbung zurückgeführt wird.

Schon vor Darwin hatten besonders Lamarck und Geoffroy St. Hilaire, wenn auch in verschiedener Weise, als abänderndes Prinzip den Einfluß der Umgebung auf die Lebewelt und den Gebrauch oder Nichtgebrauch von Organen erkannt. Man faßt diese Prinzipien unter dem Sammelnamen „Anpassung" zusammen. Darwin hat ebenso die äußeren Einflüsse im Leben, Klima und sonstige Lebensbedingungen als gestaltend auf den Organismus anerkannt, er hat dann aber, und das ist Darwins ureigenste Lehre, als neuen, nach seiner Meinung wichtigsten Faktor hinzugesetzt die „natürliche Zuchtwahl" (Selektionstheorie), die Auslese und das Überleben des Passendsten. Anpassung und Selektion lassen sich zusammen besprechen.

Darwin ging zur Begründung seiner Lehre von den Erscheinungen der künstlichen Zuchtwahl bei domestizierten Tieren aus. Einem jeden geschickten Züchter gelingt es leicht, im Laufe weniger Generationen z. B. ganz neue Taubenrassen zu züchten. Will er z. B. Kropftauben erhalten, so wählt er unter allen Jungen einer Brut die Taube aus, welche den größten Kropf hat und bringt sie mit einer ebensolchen Taube einer anderen Brut zur Paarung. Von den Jungen werden wiederum nur die Exemplare, welche den größten Kropf besitzen, zur weiteren Zucht verwendet. So entsteht durch bewußte Auswahl allmählich eine Steigerung des Merkmales, nach dem die Auswahl getroffen ist. Es werden Tauben mit kolossalem Kropfe die Ururenkel von Tauben sein, die keinen größeren Kropf besaßen, als die gewöhnliche Feldtaube.

Diese Prinzipien übertrug Darwin auf die Bildung der Arten, indem er an die Stelle des menschlichen Züchters die Natur setzte. Wie kann aber in der Natur eine solche Auswahl getroffen werden? Dazu zog Darwin den „Kampf ums Dasein“ heran. Jede Pflanze, jedes Tier hat das Bestreben, sich in einer riesenmäßigen Progression zu vermehren. Würden z. B. alle Samen, die eine Pflanze produziert, reifen, die gereiften Samen in passendes Erdreich gelangen, aus jedem eine neue Pflanze entstehen, die sich in derselben ungehinderten Weise vermehrte, so würde in kürzester Zeit die ganze Erde mit dieser einen Pflanze bedeckt sein. Man denke, mit welcher Schnelligkeit einzelne Pflanzen thatsächlich sich verbreiten, z. B. an das Wuchern der Wasserpest. — Dasselbe läßt sich auf die Tiere übertragen. Darwin führt als Beispiel den Elefanten an, der für das Tier gehalten wird, das sich am langsamsten vermehrt. Nimmt man an, daß ein Elefant in seinem Leben nur sechs Junge erzeugt und nur 100 Jahre alt wird, so würden „nach 750 Jahren“ — nach Darwins Berechnung — „19 Millionen Elefanten als Nachkommen eines Paares am Leben sein“. Wie anders sich das Verhältnis bei Mäusen, Kaninchen, oder gar erst bei Fischen und Insekten, die teilweise in ihrem Leben Millionen Eier produzieren, gestalten würde, liegt auf der Hand. Daß eine solche Vermehrung statthat, wird gehindert durch den „Kampf ums Dasein“. Ein solcher Kampf muß erstens gegen die Feinde der betreffenden Tierart geführt werden, die meisten Tiere dienen anderen zur Nahrung, ferner aber — und das ist oft ein viel schärferer Kampf — wird derselbe mit den Individuen der gleichen Art oder ähnlicher Arten, die dieselben Lebensbedingungen haben, geführt werden müssen. Eine Landstrecke hat stets nur Futter für eine bestimmte Anzahl einer Tierart, der Boden eines bestimmten Stückes Land kann nur eine gewisse Anzahl Pflanzen ernähren. Ist das Futter aufgebraucht, oder der Boden erschöpft, so müssen die Tiere oder Pflanzen, die darauf existieren, zu Grunde gehen. Endlich giebt es auch einen Kampf ums Dasein mit den physischen Bedingungen, mit Klima — Trockenheit, Eis, Schnee — und Naturereignissen. Eine Tierart hängt von der anderen oder von einer Pflanzenart in ihren Existenzbedingungen ab, und die Veränderung einer Bedingung kann oft Folgen haben, an die man auf den ersten Blick gar nicht denkt. So fand Darwin, daß nur Hummeln die Befruchtung einer gewissen Kleeart (Trifolium pratense) besorgen, da ein gewisses Gewicht nötig ist, um die Seitenblätter der Blumenkrone niederzudrücken, ein Gewicht, das kleinere Insekten nicht besitzen. Die Zahl der Hummeln hängt in hohem Grade von der Zahl der Feldmäuse ab, die die ärgsten Feinde der Nester und Waben der Hummeln sind. Die Mäuse werden wiederum in ihrer Vermehrung durch die Katzen hauptsächlich beschränkt. Würde man also die Katzen beseitigen, so würde man damit auch den roten Klee ausrotten oder wenigstens ganz ungeheuer schädigen! Dies ist nur ein Beispiel für die verwickelten Beziehungen der Organismen im Haushalte der Natur. Es ist ein großes Verdienst Darwins, diese Beziehungen scharf hervorgehoben zu haben.

In dem allgemeinen Kampfe ums Dasein nun, den wir kurz schilderten, werden von den Samen einer Pflanze diejenigen überleben, die in das

passendste Erdreich kommen, an einen Ort möglichst frei von Konkurrenten, und die am kräftigsten sind, den Kampf auszuhalten. Von den Jungen eines Wurfes werden nur die überleben — wenigstens mit Wahrscheinlichkeit —, die am kräftigsten, tüchtigsten sind. Kleine Vorteile können nun schon sehr wichtig werden. Wir wollen den Fall setzen, daß Tiere vorhanden sind, die im allgemeinen ihre Nahrung auf dem Lande suchen, aber auch oft und gern ins Wasser gehen und gelegentlich auch einen Fisch erbeuten. Nehme man an, daß durch irgend welche Umstände, etwa Überschwemmungen, die Nahrung auf dem Lande sehr vermindert würde, — dann sind diese Tiere genötigt, öfter ins Wasser zu gehen. Haben nun von Jungen eines Wurfes eine Anzahl stärkere und größere Haut zwischen den Zehen ausgespannt als andere, so werden diese mehr Aussicht haben, im Kampfe ums Dasein zu überleben, d. h. solange zu leben, daß sie von neuem Junge erzeugen können. — Das ist kurz die Lehre von der natürlichen Zuchtwahl.

Daneben hat Darwin auch der Anpassung eine wichtige Rolle zuerkannt. Durch Übung, durch intensiven Gebrauch eines Gliedes wird eine höhere Ausbildung desselben erreicht, als in der Norm. Es ist bekannt, daß die Muskeln durch den intensiven Gebrauch sehr gestärkt werden können, wie man es an Arbeitspferden sehen kann. In ähnlicher Weise können auch in der Natur gewisse Eigenschaften während des Lebens errungen werden. In dem vorhin gebrauchten Beispiele würden die Tiere, die von vornherein mehr zum Wasserleben geeignet waren, zugleich dadurch, daß sie ihr Leben nun vorwiegend im Wasser verbrachten, etwa eine Stärkung gewisser Muskeln erwerben, oder eine vermehrte Talgabsonderung der Talgdrüsen, um ihren Pelz vor dem Naßwerden zu schützen. Wenn man nun annimmt, daß diese erworbenen Eigenschaften auf die Nachkommen vererbt werden, so ist es klar, daß in kurzer Zeit eine starke Steigerung dieser betreffenden Eigenschaften erreicht werden kann.

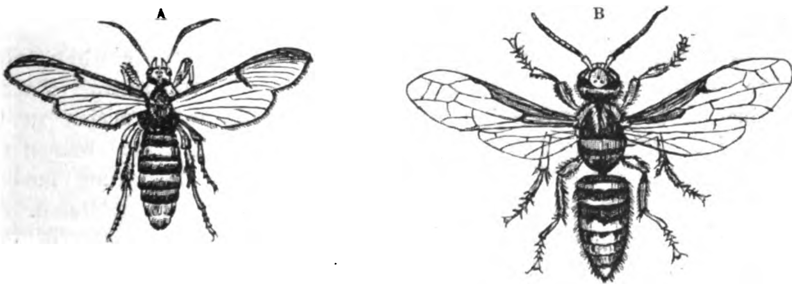
Man hat gerade hiergegen den Einwand erhoben, daß noch kein Fall sicher erwiesen ist, in dem erworbene Eigenschaften vererbt wurden. Zunächst ist zu bemerken, daß die oben angeführten Beispiele selbstverständlich nur als Erläuterung dienen sollen. In der Natur würde eine Vererbung erst in den Fällen anzunehmen sein, in denen eine Eigenschaft durch Generationen stets wieder von neuem in derselben Weise erworben wurde, so daß sie gewissermaßen konstant geworden ist. — Daß der Gebrauch und Nichtgebrauch eines Organs bei der Änderung desselben eine Rolle spielt, wird wohl am besten durch die im Dunkeln lebenden Tiere mit verkümmerten oder gänzlich geschwundenen Augen bewiesen. Wir kennen solche Tiere aus den verschiedensten Klassen. Das bekannteste Beispiel ist wohl der Maulwurf. Eine Molchart, die in den Höhlen von Krain lebt, der Olm, ist ebenso „blind“ (desgleichen andere Höhlentiere). Sehr häufig sind augenlose Formen von Tieren in der Tiefsee, wohin nie ein Lichtstrahl der Sonne dringt.

Dafür, daß eine „Anpassung“ an die umgebenden Verhältnisse stattfindet, bieten sich besonders Beispiele aus dem Pflanzenreiche. Man kennt Varietäten einer Pflanze, von denen die eine auf fettem, die andere auf

magerem Boden gedeiht. Bringt man die Varietät des fetten auf mageren Boden, so geht sie in die des mageren Bodens über. Allerdings ist hier keine Konstanz der Varietät vorhanden, die eine Varietät läßt sich stets in die andere überführen. — Auch die Erfahrungen der Bakteriologie sind sehr lehrreich. Es giebt einen Bazillus, der bei gewöhnlicher Temperatur auf Kartoffeln oder Brot einen blutroten Farbstoff erzeugt. Bringt man denselben auf anderen Nährboden und in den Brutschrank, so produziert er den charakteristischen Farbstoff nicht mehr. Die Wachstumsverhältnisse und die Formen der Bazillen sind oft ganz andere, je nach den Nährböden, auf denen man sie züchtet.

Interessant ist ferner eine Anpassung an die umgebenden Verhältnisse, die besonders in den sogenannten Schutzfärbungen zum Ausdruck kommt. Tiere, die die Wüste bewohnen, gleichen im allgemeinen dem Sande: es sei erinnert an die Hornviper und Puffotter unter den Schlangen, an den Dornschwanz unter den Eidechsen. Die Käfer der Wüste haben stets eine dunkle Farbe. Es ist das offenbar vorteilhaft für sie; sie können einerseits weniger leicht von ihren Feinden gesehen werden, andererseits sich leichter ungesehen ihrer Beute nähern. Der Tiger ahmt durch seine Streifung die Dschungeln seiner Heimat nach. Viele werden sich erinnern, wie schwer es ist, eine in einer Ackerfurche sitzende Wachtel oder ein Rebhuhn in dieser Stellung zu erkennen. Die Beispiele ließen sich leicht vermehren, viele unserer einheimischen Käfer, die unter der Rinde von Bäumen leben, ahmen in der Farbe die Borke der Bäume nach, ebenso Schmetterlinge, wie der Pappelschwärmer. — Diese Schutzfärbungen leiten uns über zu der eigentlichen „Mimicry“. Es giebt in den Tropen Schmetterlinge, die sitzend genau aussehen wie ein Blatt der Pflanze, an die sie sich mit Vorliebe setzen, ja sogar wie ein von Insekten angefressenes Blatt. Wir kennen Blattheuschrecken und solche, die wie dürre

Fig. 184.



A Sesia crabroniformis, *B* Vespa crabro, als Beispiel für Mimicry.
(Nach C. Claus, Lehrbuch der Zoologie.)

Äste aussehen. Sehr sonderbar ist ferner die Erscheinung, daß gewisse Insektenarten solche anderer Klassen nachahmen und dadurch entschieden einen Vorteil genießen. Ich will nur ein Beispiel der einheimischen Tierwelt anführen. Der Wespenschwärmer (Sesia crabroniformis) sieht der gefürchteten, mit Stachel bewehrten Wespe täuschend ähnlich (Fig. 184). Er selbst ist

ein harmloser Schmetterling, dürfte aber durch diese Ähnlichkeit mit der Wespe Schutz vor vielen Feinden finden.

Es ist die Nützlichkeit in der tierischen und pflanzlichen Einrichtung, die durch die Anpassung eine Erklärung finden soll. In derselben Weise sind auch die Schmuckfarben, vorzüglich der männlichen Vögel, sowie die Trutzwaffen, die auf die männlichen Säugetiere beschränkt sind (Geweih des Hirsches), durch Anpassung erklärt worden. — Es läßt sich jedoch nicht leugnen, daß auch dadurch uns nur eine sehr unvollkommene Vorstellung der Entstehungsweise aller der zweckmäßigen Erscheinungen im tierischen und pflanzlichen Leben gegeben wird. Es ist sicher, daß das Wort „Anpassung“ oft arg gemißbraucht ist und wird, um Unkenntnis zu verdecken. — Dennoch ist das Vorhandensein einer solchen in dem erörterten Sinne nicht zu bestreiten. Der Einwurf, daß es sehr lange dauern würde, bis aus kleinen Abänderungen eine große Verschiedenheit entsteht, ist nicht stichhaltig, denn wir haben in den geologischen Epochen für unsere Vorstellung unendliche Zeit zur Verfügung. So kann auch der Einwurf nicht gelten, daß es noch nicht gelungen sei, experimentell die Einwirkung der Anpassung insofern nachzuweisen, daß durch sie aus einer Stammart eine andere konstante gebildet wurde, und daß deshalb eine Anpassung nicht existiere. Die Zeit, die wir für das Experiment zur Verfügung haben, ist eben eine unendlich kleine. — Für die Wirkung der Anpassung spricht der Umstand, daß zwar jedes Organ sehr vollkommen seine Funktion verrichtet, aber sehr oft doch kein ganz vollkommenes Organ im physikalischen Sinne ist. So hat Helmholtz die optische Unvollkommenheit des Auges nachgewiesen. Ferner sind die rudimentären, verkümmerten Organe ein Zeugnis für die Wirkung der Anpassung. Ein neuer Gesichtspunkt ist vor einigen Jahren gebracht durch die Lehre vom „Kampf der Teile des Organismus“ von Roux und die „funktionelle Anpassung“. Es würde zu weit gehen, diese Lehren hier ausführlicher darzustellen. — Ebensowenig kann hier auf die Migrationstheorie eingegangen werden.

Als Resultat kann man den Satz aussprechen: Die Descendenzlehre ist die Grundlage der heutigen biologischen Anschauung. Daraus folgt die Veränderlichkeit der Art, die gleichfalls als erwiesen zu betrachten ist. Wie eine Art aus einer anderen entsteht, davon können wir uns in Analogie der Rassenbildung der Haustiere eine Vorstellung machen; natürliche Zuchtwahl (Selektion) und Anpassung sind mächtige Faktoren. Im einzelnen jedoch können wir die Umbildung der Arten selten verfolgen, auch ist es möglich, ja wahrscheinlich, daß noch andere, bis jetzt unbekannte Faktoren bei der Artbildung in Betracht kommen. Darwins Verdienst ist die umfassende Begründung der Descendenztheorie und die große Anregung, die er durch seine weiteren Theorieen der Selektion und Anpassung der Forschung gegeben hat.

So hat die Paläontologie der wissenschaftlichen Zoologie die Grundlage für die wesentlichsten Fortschritte gegeben und wird auch ferner als Bestandteil der Zoologie und Botanik neue Resultate zeitigen.

D. Anhang zur Geognosie.

(Übersicht über die Entwickelung der Erde. Geologische Systeme.)

1. Übersicht über die einzelnen Formationen.

Es scheint zweckmäßig, am Schlusse der historischen Geologie (Geognosie) und nach dem kurzen Auszuge aus der Paläontologie einen Überblick über die Formationen und ihre Benennungen zu geben, wobei nur die Hauptglieder und die wichtigsten Unterabteilungen berücksichtigt werden können. Die Verbreitung der Formationen in den einzelnen Ländern auszuführen, würde ohne geologische Karten (vergl. Abschnitt E), die für die historische Geologie, die Geschichte der Erde, ein Erfordernis sind, nicht möglich sein und ein Eingehen auf Einzelheiten bedingen, das nur bei Specialwerken größeren Umfanges stattfinden kann. Überdies sind bei Besprechung der einzelnen Formationen die wichtigsten Vorkommnisse in Deutschland gegeben, und dort, wie im folgenden, finden sich Angaben über andere Länder. Zudem sind am Schlusse einige vereinfachte geologische Karten hinzugefügt (man vergl. die Karte des rheinischen Schiefergebirges, S. 200 und Tl. I, S. 373), so daß es mit diesem gesamten Materiale gelingen dürfte, sich einen Einblick in den Aufbau der Erdrinde zu verschaffen und die Wege für weitere eingehendere Studien zu finden. Für Deutschland giebt das Profil des Humboldthains einen trefflichen Anhalt für die Anschauung (vergl. die am Schluß dieses Abschnittes beigegebene Tafel nebst Erklärung).

Da in den verschiedenen Ländern die einzelnen Glieder der Formationen verschiedene Benennungen erhalten haben, ist es nicht immer leicht, festzustellen, welche Namen einander entsprechen, zumal da selbst die Feststellung der Identität oder Korrespondenz der einzelnen Schichten oft mit großen Schwierigkeiten verbunden ist.

Ebenso ist es nicht immer leicht, die Überreste der Organismen zu rekonstruieren oder überhaupt als solche festzustellen (Eozoon u. a.). Es sind daher die Nachrichten über fossile Bakterien, die in der jüngsten Zeit, in der das Auffinden der Bakterien und Mikrokokken eine so große Rolle spielt, mannigfach Verbreitung fanden, mit großer Vorsicht aufzunehmen.

Sowohl in den vorweltlichen Zähnen und Knochen, als auch den pflanzlichen Organismen sollen Bakterien sich finden. Wenn auch solche Organismen vorhanden gewesen sein mögen, so ist es doch äußerst unwahrscheinlich, daß Spuren davon zurückgeblieben sind.

I. Azoische Periode, azoische Gebirgs- oder Formationsgruppe [1]), archäolithische Periode oder Gruppe. Primitive Bildungen, Urschiefergebirge, Urgebirge, Urzeit der Erde.

Gesteine: krystallinische Massen- und Schiefergesteine.

[1]) Für die Hauptabschnitte der Erdentwickelung gebraucht man die Ausdrücke Formation (abgekürzt F., f.), System (S.), Formationsgruppe, oder Gruppe, Epoche, Periode.

Auf diesen Schichten[1]) sind alle Sedimente aufgelagert.

Mächtigkeit bis 14 000 m.

Unterabteilungen:

A. Urgneisformation.
Gestein: Gneis.
Organismen: fehlen.

B. Laurentinische Formation (nach dem Lorenzstrom genannt).
Gesteine: Gneis, Granulit, Hornblendeschiefer, krystallinischer Kalkstein.
Organismen: fehlen.

C. Huronische Formation (nach dem Huronsee genannt). Man unterscheidet auch 1) Unterhuron, Glimmerschieferformation und 2) Oberhuron, Phyllite (Urthonschieferformation).
Gesteine: Quarzit-, Glimmer-, Talk-, Chloritschiefer, Serpentingestein, körniger Kalkstein, Graphite, Gabbro, Sericitgneis.
Organismen: Das Vorkommen von Graphit deutet darauf hin, daß Organismen vorhanden gewesen sind. Eozoon canadense ist kein Petrefakt, sondern ein Mineralgemisch von flaseriger Struktur; es besteht aus Blättern von Serpentin und Kalk mit einer Struktur, die an die der Foraminiferen-Schalen erinnert (Gestein: Ophicalcit, Canada). — Spuren von Seetangen und tierischem Leben vorhanden.
Eruptive Gesteine: Granit, Diabas, Syenit.

II. Primäre Formationen; paläozoische, paläolithische Formation. Altertum der Erde. Grauwackengebirge.

Mächtigkeit 25 000 m.

Unterabteilungen:

A. Präkambrisches, algonkisches, kambrisches System. Proterozen-S. Cambrium. Dasselbe zerfällt in 1) Unter-, 2) Mittel-, 3) Obercambrium.
Gesteine: Urthonschiefer, Sandsteine, Quarzite (Thonschiefer, Schalstein, Kieselschiefer, Diabas von Nossen in Sachsen).
Organismen: Geringe Spuren von Algen, Korallen, Krebstieren (im folgenden Systeme weiter ausgebildet).

B. Silurformation. Silurisches System. Silur. Deuterozen: es zerfällt in 1) Unter- und 2) Obersilur.
Gesteine: Grauer und roter Sandstein, Grauwackenschiefer (Thonschiefer, Kieselschiefer von Nossen).
Organismen: Seetange, Anneliden, Graptolithen, Korallen, Muscheln (Cardiola), Terebrateln, Crinoiden, Goniatiten, Nautilus, Trilobiten, Panzerfische (Pterichthys).

Oft wird auch das Silur mit dem Cambrium zu einer Abteilung zusammengefaßt: Cambrium, Untersilur, Obersilur.

---

[1]) Ob diese Schichten der ursprünglichen Erstarrungskruste der Erde angehören, oder ob diese sich unter diesen Schichten befindet, ist nicht entschieden.

C. Devonische Formation oder System. Devon. Tritozen. Silur und Devon zusammen werden oft als Übergangsgebirge bezeichnet. Unterabteilungen: 1) unteres, 2) mittleres, 3) oberes Devon.

Gesteine: Konglomerate, Potsdam-Sandstein, Oldredsandstone, Thonschiefer, dichte Kalksteine. (Am Harz sehr ausgebildet: Thonschiefer, Kalkstein, Grauwacke, Spiriferensandstein, Calceolaschichten, Goslarer Schiefer, Diabas, Erze vom Rammelsberg.)

Organismen: Flora und Fauna ähnlich der des Silur: Algen, Farne, Lepidodendron treten hervor.

Eruptivgesteine: Granulite, Porphyre, Diabase.

D. Carbonformation. Steinkohlenformation. Das Zeitalter der Kryptogamen.

1) Präcarbon oder Culm; unteres Carbon.

Gesteine: Kieselschiefer, Sandsteine, Kalksteine (Dachschiefer von Lehesten, Sachsen-M.), Grauwacke (Magdeburger und Clausthaler).

Organismen: Die pflanzlichen Organismen treten besonders hervor, Sigillarien, Calamiten, Lepidodendron.

2) Produktive Steinkohlenformation; oberes Carbon.

Gesteine: Graue Sandsteine und Schieferthone im Wechsel mit Steinkohlenflözen.

Organismen: Flora: Großartige Entwickelung der Gefäßkryptogamen; Fauna: Blumenkorallen, Brachiopoden, Produktus, Anthropoden, Spinnen, Insekten, Knorpelfische (Paläoniscus), Froschsaurier, Labyrinthodonten.

E. Dyas oder Perm bildet vielfach das Vor- und Randgebirge zum Urschiefer- und Übergangsgebirge (Kupfergebirge, Harz, Kyffhäuser, Nordabhang des Riesengebirges, Hunsrück 2c.).

1) Rotliegendes (hierher gehörig auch das Totliegende, — so genannt, weil es im Gegensatz zur Zechsteinformation, deren Unterlage es bildet, keine Erze enthält).

Gesteine: Rote Konglomerate, Sandstein, Schieferthon, Porphyrtuff (Ilmenau). (Neustadt am Harz: Konglomerate, Sandstein, Schieferthon, Steinkohlenflöze.)

Eruptive Gesteine: Porphyre, Melaphyr, Pechstein.

2) Zechstein, Kupferschiefergebirge.

Gesteine: Mergelige, kupferhaltige Konglomerate, Kupferschiefer, Zechstein, Stinkkalk, Dolomit (Rauh- oder Rauchwackekalk), Gips (Steinsalzstöcke bei Staßfurt), Letten (Staßfurt)-Sandstein. [Zechsteine von Mansfeld, Rauchwacken von Niedersachswerfen, Gips von Sperenberg, Anhydrit und Steinsalz von Staßfurt, Abraumsalze von Staßfurt (Polyhalit, Sylvin, Kainit, Schönit, Carnallit).] Vergl. Mineralogie, S. 96.

Organismen: Mooskorallen, Brachiopoden, Spiriferen, Lingula, Knorpelfische (Paläoniscus), Schmelzschupper (Ganoiden); Molche: Proterosaurus, Archäo(Archego)saurus.
Eruptive Gesteine: Porphyrartig.

III. Sekundäre Formationen. Mesozoische Periode; Formationen der mesolithischen Gruppe. Eigentliches Flözgebirge. Mittelalter der Erde. Eine wenig durch vulkanische Einflüsse unterbrochene Bildungsperiode. Ruhezeit des Vulkanismus. Vorwiegen neptunischer Gebilde.

Eruptivgesteine: Syenit, Melaphyre, Porphyre.

Unterabteilungen[1]):

A. Trias, triadische, triassische Formation, Salzformation. Dreigruppensystem; Zeitalter der Panzerlurche; die ersten eigentlichen Ammoniten. Erstes Auftreten der Vögel und Säugetiere.

1) Buntsandstein, untere Triasabteilung.
Gesteine: Konglomerate, bunter Sandstein, Mergel, Werfener Schiefer (Alpen), Salzlager von Berchtesgaden 2c. (Rogenstein von Vienenburg, Hauptbuntsandstein vom Main, Chirotheriensandstein von Harras in Meiningen (Hildburghausen), Gips von Rüdersdorf).
Organismen (wenig Versteinerungen): Flora: Voltzia (Palmen) und Cykadeen (Zapfenpalmen), Koniferen. Fauna: Fährten der Froschsaurier (Chirotherium) — Vogelfährten.

2) Muschelkalk, mittlere Triasabteilung (arm an Pflanzenresten; Tierentwickelung bedeutend der Anzahl nach, wenn auch wenig Arten umfassend; große Anzahl Muscheln).
Gesteine: Kalksteine (Wellenkalk), Dolomite, Mergel, Gips, Anhydrit, Steinsalzlager (Hallstadt), Kalke (blauer Kalkstein, Schaumkalk, mittlerer Muschelkalk, glaukonitischer Kalk, Sohlenkalkstein, Dolomit, Galmei, Brauneisenstein von Maczeikowitz bei Chorzow, Oberschlesien.
Organismen: Encrinus liliiformis (Meerlilie), Lochmuschel, Terebratula vulgaris. Ceratiten, Ammonshörner (Cerat. nodosus). Meersaurier: Nothosaurus.

3) Keuper, obere Triasabteilung.
Gesteine: Sandsteine, Mergel, Gips, Dolomite, Dachsteinkalk, Lettenkohle (Koburger Bausandstein), Sandstein (Burgpreppach in Franken).
Organismen: Fortsetzung der früheren Entwickelung: Froschsaurier (Mastodonsaurus), Krokodile, Belodon, Neckarsaurier.

---

[1]) Gerade bei dieser Gruppe wird häufig der Ausdruck System für die Unterabteilungen angewendet.

B. Jura (Oolithgebirge, Zeitalter der Belemniten, Ammoniten, Fischeidechsen, Flugeidechsen; meistens Meerbildungen, Brackbildungen und Süßwasserbildungen im Purbeck, England, zu 3) (Malm) gehörig; sehr verschiedene Gliederung in verschiedenen Ländern).

1) Lias, schwarzer Jura, untere Juraabteilung.
   Gesteine: Sandsteine, Kalke, Thone, Mergel, bituminöser Schiefer (Eisenerze von Harzburg).
   Organismen: Flora: Kryptogamen, Cykadeen, Koniferen, auch in den späteren Abteilungen; Fauna: Ceratiten, Pentacriniten, Belemniten, Ammoniten; Saurier: Ichthyosaurus, Plesiosaurus.

2) Dogger, brauner Jura, mittlere Juraabteilung.
   Gesteine: Kalke, eisenschüssige Sandsteine, Thone, Rot- und Brauneisensteinoolithe (Sandstein vom Main).
   Organismen: Wie früher. Größte Ausbildung der Belemniten. Beuteltiere im englischen Dogger.

3) Malm, weißer Jura, obere Juraabteilung.
   Gesteine: Thonmergel, Plattenkalke, Korallenkalke, lithographische Schiefer (Solnhofen = Solenhofen, Eichstätt), Korallenoolith (Goslar), Kimmeridge Kalk und Dolomit vom Langenberg bei Ocker.
   Organismen: Riffbauende Korallen, Spongien, die ersten Knochenfische und Schildkröten, Flugsaurier, Pterodactylus. Vögel: Archäopteryx.

C. Kreide, kretacische (kretaceische), präcäne (procäne) Formation, Zeitalter der Rudisten, Hippuriten (ammonitenähnliche Formen); die ersten Laubhölzer; mit der Zwischenbildung Wealdenformation, Wälderthonformation mit Thonen und feinkörnigem Sandstein, Deister-Sandstein. Landsaurier: Dinosaurier und Iguanodon.

1) Neocomien (Hils), untere Kreide.
   Gesteine: Kalke, Sandsteine, Mergel, Thone (Nesselberger Sandstein [zum Wealden gehörig], Hilskalkstein vom Langenberg bei Ocker).
   Organismen: Turriliten, Ammoniten, Belemniten in Abnahme begriffen, Rudisten (Hippurites cornu vaccinum, Kuhhorn), Austern. Mosasaurus, d. h. der Maassaurier. Zu den Mosasauriern, schlangenähnlichen Sauriern (Schwimmeidechsen) gehören die größten Tiere, welche bekannt geworden sind. In der Kreide von Amerika sind sie sehr häufig und erreichten, den Überresten nach, Längen von 4 bis 18 m; es sollen indes Reste von solchen sogar bis 90 m lang gefunden sein, während die bis dahin bekannten größten Tiere, 40 m lang, den Dinosauriern des Jura (Nordamerika, Wyoming), angehörten.

2) **Gault (Golt), mittlere Kreide.**

Gesteine und Organismen entsprechend wie vorstehend bei 1). (Sandstein von Goslar, Flammenmergel von Goslar.)

3) **Quadersandstein, Quader, Pläner. Obere Kreide:** a. Unterquader, Cenomanformation; b. Mittelquader, Turonformation; c. Oberquader, Senonformation.

Gesteine: Weiße Schreibkreide mit Feuerstein (organogenes Gestein, durch Rhizopoden und Foraminiferen gebildet), Hippuritenkalke, Quadersandsteine (Teufelsmauern, die Schichtenköpfe), Grünsandstein, Plänerkalk. (Pläner Kalk vom Petersberg bei Goslar, Quadratenkreide von Goslar [Senon], Sandstein von Deutmannsdorf [Schlesischer Senon], Sandstein von Cudowa, Cotta i. S., Rottwerndorf i. S. [Cenoman], Pläner bei Weinböhla i. S. [Turon]).

Organismen: Flora: Laubhölzer. Fauna: Erlöschen der Belemniten und Ammoniten (Belemnitella, letzter Belemnit in der Schreibkreide), Schlangen, Aussterben der Dinosaurier; Zahnvogel: Ichthyornis (Fischvogel, Schnabel mit Zähnen).

Die Sekundärformationen bieten verhältnismäßig wenig Übergangsglieder zum Tertiär, das in vielem einen großen Abstand von der früheren Entwickelung darbietet.

IV. Das dritte Zeitalter. Tertiärperiode, Tertiärsystem oder -epoche = Tertiärformationen. Kainozoische Periode. Neolithische Gruppe. Neuzeit der Erde. Zeit der Niveauverschiebungen. Scheidung des Klimas und der Zonen. Verschiedene Entwickelung in den verschiedenen Ländern, so daß die Unterglieder B. und C. verschiedentlich ineinandergreifen.

Unterabteilungen:

A. Eocän (Eocen), älteres Tertiär, älteres Braunkohlengebirge.

Hauptgesteine: Thone (Woolwich, Barton, Londonthone in England), Soissonsthone, Miliolitenkalke (Paris), Quarzsand, Grobkalk, Nummulitenkalke und Sandsteine (Alpen), Flysch, dessen Bildung in der Kreide begann, dunkelfarbige Schiefer und Sandsteine, thonige Kalksteine, Mergelschiefer. Pariser Becken: Eocän und Oligocän.

Organismen: Flora: Phanerogamen und Laubhölzer herrschen vor. Die klimatischen Zonen sind noch nicht geschieden, tropische Pflanzenformen in Deutschland. Fauna: Muschelarten und Schnecken, die jetzt noch vorkommen, sind vorhanden; charakteristisch ist die große Entwickelung der Nummuliten (vergl. Paläontologie). Vorläufer der großen Huftiere: Paläotherium, Anthrakotherium. Nagetiere, Raubtiere, Affen (Dryopithecus). Erste große Säugetierfauna, vergl. S. 230.

B. Oligocän, mittleres Braunkohlengebirge.

Hauptgesteine: Sand, Mergel, Thon (Süßwasserkalke), Gips vom Montmartre, Sandsteine von Fontainebleau, Septarienthon, Braunkohlen (böhmisches Becken), Nummulitenkalk, Flysch, untere Molasse (Sandstein). Die Gesteine stehen denen des Eocän und der folgenden Gruppe sehr nahe.

Organismen: Flora: Eichen, Ulmen, Bernsteinfichte, Palmen, Bambus, Lorbeer, Feige, Pappeln, Birken, Taxodium (Nadelholz) kommen gemeinschaftlich vor, also Formen der tropischen, subtropischen und gemäßigten Zone. Fauna: Die Vorläufer der Huftiere u. s. w. sterben aus. Elephas, Rhinoceros, Equus, Elaphus, Simia treten auf.

C. Miocän und Pliocän, jüngste Braunkohlenformation, das Neogen. Klimascheidung, Hebungen, Senkungen. Gebirgsentstehungen (Alpen, Kaukasus, Cordilleren und Anden und Himalaja). Bildung der Kontinente.

Hauptgesteine: Sehr verschieden nach den einzelnen Ablagerungsorten. Mainzer Becken (Landschneckenkalk, Blättersandstein, Braunkohlensandstein). Wiener Becken (Leithakalk, Konglomerate, Tegel [plastische glimmerführende Thone], Schlick [sandige Mergel], Belvedereschotter, Löß). Besondere Gesteinsvorkommnisse: Öninger Schiefer mit Andrias Scheuchzeri, Resten eines Riesensalamanders, früher für Reste des Urmenschen gehalten.

Organismen: Pflanzenformen wie im Oligocän, doch tritt Scheidung nach Klimaten ein. — Verteilung der Formen nach Zonen. — Die Pflanzenwelt ähnelt der jetzigen. — Tierwelt: Ähnliche Formen wie beim Oligocän; die zweite große Säugetierfauna, vergl. oben S. 230. — Pithecanthropus

Während der Tertiärzeit fanden häufige vulkanische Ausbrüche, Ergüsse feurig-flüssiger Gesteinsmassen aus Spalten, sowie auch Durchbrüche statt. Diese jüngeren Eruptivgesteine waren Trachyt, Phonolith, Basalt, Dolerit. — Gesteine in der geologischen Wand (vergl. am Schluß des Abschnittes): Septarienthon (Thon reich an kalkigen und mergeligen Nieren), Quarzsand, Glimmersand, Braunkohlenflöze, Basalte von Unkel am Rhein, Tuff von Niedermendig. — Karten: Mainzer Becken vergl. S. 200 und Tl. I, S. 373; Pariser Becken s. an späterer Stelle.

V. Recentes Zeitalter. Quartärperiode, quaternäre Formationen. Neuzeit der Erde. Neolithische Periode. Pleistocän. Epoche der Jetztzeit. Anthropozoische Periode. Die Bildungen führen zur historischen Zeit über. Bei der Entwickelung des Menschengeschlechtes unterscheidet man von den ersten Spuren (Höhlenmenschen) ausgehend: Prähistorische Zeit: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit; historische Zeit: Geschichte. Bei den Glacialbildungen werden diese Perioden näher besprochen werden.

Unterabteilungen:

A. Diluvialepoche: Diluvium, Eiszeit, Altquartär. Man unterscheidet 1) Vor- oder präglaciale Stufe; 2) Glacial- und Interglacialzeiten und -perioden; 3) Postglacialzeit (-stufe). Für Deutschland auch folgende Einteilung: Marines Diluvium; Alt-Diluvium; erste Eiszeit; zweite Eiszeit mit Moränen; Diluvium.

Hauptgesteine und Bildungen: Löß, Höhlenlehm, Blöcke, Findlinge, Grundmoränen, Asars, Drumlins, Kames (Bildungen der Eiszeiten), Schotter, Kalksinter, Sand, Tuff, Gerölle, Kies, im allgemeinen Ablagerungen, wie sie in der Jetztzeit die Einwirkungen von Flüssen, Meeren, Gletschern zeigen.

Organismen: Die Flora war entsprechend der heutigen. Reste von Tieren und Pflanzen, die den jetzigen Formen sehr nahe verwandt waren, aber nicht mehr existieren: Mammut, Rhinoceros tichorhinus; Höhlentiere: Ursus spelaeus, Höhlenbär; Höhlentiger, -löwen, -hyänen. Dritte große Säugetierfauna (große Formen der Gürteltiere, Faultiere u. s. w. in Nordamerika), vergl. S. 230; menschenähnliche Affen und der Mensch.

Erloschene Vulkane.

B. Alluvium, recente Bildungen, Jungquartär.

Unterabteilungen: 1) Alt-Alluvium: Torflager, Dünen, Schlick; 2) Jung-Alluvium: Humus, Ackerboden.

Gesteine: Schlamm, Schlick, Schutt, Moränen, Tropfstein, Travertin, Laven, Torf- und Moorbildungen, Koralleninseln, Salz- und Süßwasserbildungen. — Es gehören hierher die Bildungen, die in der Jetztzeit vor sich gehen und im folgenden Abschnitte, der „dynamischen Geologie“ besprochen werden. Vulkanische Erscheinungen, Niveauveränderungen.

Organismen: Die jetzt lebenden Organismen oder die in historischer Zeit ausgestorbenen oder durch Einfluß des Menschen ausgerotteten (Stellers Borkentier, Riesenvogel: Dinornis, Neuseeland, Dronte). Nahe am Verschwinden sind: Bison, Meerotter und viele seltene Pflanzen.

Zahlreiche vulkanische Ausbrüche aus Spalten und Lokalherden. Neue Laven, Bimsstein, Obsidian.

Nebenstehende Tabelle veranschaulicht, welchen Flächenraum die hauptsächlichsten Formationen in den einzelnen Erdteilen im Verhältnis zu deren Gesamtfläche einnehmen.

Sehr übersichtlich gruppieren sich die Formationen in tabellarischer Zusammenstellung, wie eine solche auf den folgenden Seiten gegeben ist; dieselbe ist indes nur so weit durchgeführt, wie es die in den früheren Auseinandersetzungen besprochenen Thatsachen erforderlich machen. Leicht läßt sich die Tabelle nach größeren geognostischen Werken und nach den geologischen Karten der verschiedenen Länder vervollständigen.

Areale der geologischen Gruppen nach Tillo.

	In Millionen Quadratkilometern							In Relativzahlen, die erforschte Fläche = 100						
	1. Europa	2. Asien	3. Afrika	4. Oceanien	5. Nord-amerika	6. Süd-amerika	7. Alle Kontinente	1. Europa	2. Asien	3. Afrika	4. Oceanien	5. Nord-amerika	6. Süd-amerika	7. Alle Kontinente
Archäisch	2,04	5,24	3,36	1,25	5,03	2,93	19,85	20,6	17,7	18,4	20,0	27,2	18,7	20,3
Paläozoisch	1,65	5,71	2,72	0,75	4,23	2,12	17,18	16,7	19,3	15,0	12,0	22,9	13,5	17,5
Mesozoisch	2,84	3,20	5,33	1,29	3,44	3,75	19,85	28,6	10,8	29,4	20,6	18,7	24,0	20,2
Tertiär	1,45	2,70	0,62	0,82	1,74	1,38	8,71	14,7	9,1	3,4	13,1	9,5	8,8	8,9
Quartär	1,73	8,04	4,21	0,20	1,34	3,65	19,17	17,5	27,2	23,2	3,2	7,3	23,4	19,6
Wüstensand	—	3,21	1,52	1,63	—	0,99	7,35	—	10,7	8,4	26,0	—	6,3	7,5
Gletscher	0,06	0,15	0,00	0,00	1,62	0,11	1,94	0,6	0,5	0,0	0,0	8,9	0,7	2,0
Jüngere Eruptivgesteine	0,12	1,39	0,41	0,30	1,01	0,73	3,96	1,8	4,7	2,2	4,8	5,5	4,6	4,0
Korallen	—	—	—	0,02	—	—	0,02	—	—	—	0,3	—	—	—
Erforschtes Gebiet	9,89	29,64	18,17	6,26	18,41	15,66	98,03	Sa. 100	100	100	100	100	100	100
Unerforschtes Gebiet	0,02	13,54	11,85	3,38	5,27	2,10	36,16							
Gesamtfläche	9,91	43,18	30,02	9,64	23,68	17,76	134,19							
Unerforschtes Gebiet in Prozenten der Gesamtfläche	—0	31	39	35	22	12	27							

a. Zeitalter Hauptformation (Formationsgruppe) (Epoche)	b. Unterabteilungen	c. Hauptgesteine (Charaktergesteine)	d. Organismen
I. Azoische Periode oder Formationsgruppe, archäolithische Periode. Primitive Bildungen. Azoisches Gebirge, archäolithische Gruppe, archäisches Zeitalter. Urschieferformation oder -gebirge, eozoische Bildungen, Urzeit der Erde, Urgebirge.	**A. Urgneisformation**, welche oft mit der folgenden zusammengefaßt wird.	Gneis (krystallinische Massen- und Schiefergesteine).	Fehlen.
Auf diesen Schichten sind alle Sedimente aufgelagert. Mächtigkeit ca. 14000 m.	**B. Laurentinische Formation** (nach dem Vorkommen am Lorenzstrome).	Gneis, Granulit, Hornblendeschiefer, Kalkstein (krystallinisch).	Fehlen.
	C. Huronische Formation (am Huronsee), auch unterschieden Glimmerschieferformation (Unterhuron), Phyllit (Oberhuron).	Urthonschiefer (Phyllit), Quarzit-, Glimmer-, Talk-, Chloritschiefer, körniger Kalkstein, Graphite. Eruptive Gesteine der azoischen Formation sind hauptsächlich: Granit, Diabas, Syenit.	Spuren von Seetangen. Tierisches Leben vorhanden. Eozoon canadense, ein Mineral von flaseriger Struktur, besteht aus Blättern von Serpentin und Kalk, dessen Struktur an die Schalen der Foraminiferen erinnert (das Gestein wird Ophicalcit genannt, Canada). Das Vorkommen von Graphit deutet darauf hin, daß im Gneis Organismen vorhanden gewesen sind.
II. Primäre Formation, paläozoische, paläolithische Formation oder Periode. Altertum der Erde. Grauwackengebirge. Mächtigkeit 25000 m.	**A. Kambrische Formation**; präkambrisch-algonkisches System, Proterozensystem; jede Abteilung zerfällt in Untergruppen: Unter-, Mittel-, Ober-Cambrium.	Urthonschiefer, Sandsteine, Quarzit.	Seetange, Anneliden, Graptolithen, Korallen (Zoantherien, Kettenkorallen), Muscheln (Terebratulae), Cardiola, Calceola, Armfüßer (Tentakuliten) (Orthis).

e. Verbreitung in Deutschland	f. Sonstige Verbreitung in Europa	g. in anderen Erdteilen	h. Besondere Bemerkungen
Für die Unterabteilungen gemeinsam:			Ob in einer der Schichten die erste Erstarrungskruste der Erde zu Tage liegt, oder ob diese unter diesen Schichten sich findet, ist nicht entschieden.
Brocken, Riesengebirge, Böhmischer Wald, Bairischer Wald, Erzgebirge, Schwarzwald, Centralalpen vom Montblanc bis zu den Hochtauern. Vergl. S. 199, 246.	Skandinavische Halbinsel, Lappland, Finnland. Das nördliche Schottland, das nordwestliche Irland. Bretagne, Centralfrankreich. Nordwest-Spanien (Galizien). Tatra.	Nordamerika: Kanada, Hudsonsbailänder. Südamerika: Anden z. T., Ostbrasilien. Westafrika. Asien: Ural, Teile von Dekhan. Südwest-Australien.	Betreffs der Verbreitung der einzelnen Formationen müssen hier und im folgenden die Karten und die an früherer Stelle (S. 199 u. f., 246 u. f.) gemachten Bemerkungen verglichen werden.
s. oben	s. oben	s. oben	
s. oben	s. oben	s. oben	Auch sind die Erklärungen zur Tafel „die geologische Wand im Humboldthain zu Berlin“ zu vergleichen.
Rheinisches Schiefergebirge, Thüringer Wald, Harz. Vergl. S. 201, 246.	England, Skandinavische Halbinsel (Christiana). Böhmen. Ardennen.	Nordamerika: Huronseegebiet, Colorado Cañon, Niagara.	

a. Zeitalter Hauptformation (Formationsgruppe) (Epoche)	b. Unterabteilungen	c. Hauptgesteine (Charaktergesteine)	d. Organismen
(II. Primäre Formation ferner:)	**B. Silur** (Deuterozen), Unter-, Ober-Silur.	Grüne und rote Sandsteine, Grauwackenschiefer.	Crinoideen, Kopffüßl (Goniatiten, Ammon horn), Nautilus, Orthoceras, Lituites Krebstiere (Trilobite und Muschelkrebse (Cypridinen), Panzer fische (Pterichthys), Schmelzschupper.
	C. Devon (Tritozen) Unter-, Mittel-, Ober-Devon. Diese Gruppen, Silur, Devon, werden auch Übergangsgebirge genannt.	Konglomerate (Potsdam), Sandstein (Old red sandstone), Thonschiefer, dichte Kalksteine.	Algen, Farne und Lepidodendron.
	Eruptive Gesteine: Granulite, Porphyre, Diabase.		
	D. Karbonformation, Steinkohlenformation. Zeitalter der Kryptogamen. 1) Präkarbon oder Kulm.	Kieselschiefer, Sandsteine, Kalksteine (Dachschiefer, Grauwacke vom Oberharz).	Sigillarien, Calamite Farne, Lepidodendro Equisetaceen.
	2) Produktive Steinkohlenformation.	Graue Sandsteine nud Schieferthone im Wechsel mit Steinkohlenflözen.	Blumenkorallen, Zoantherien, Brachiopoden (Produktus), Spinnen, Insekten, Knorpelfisch (Palaeoniscus), Froschsaurier: Labyrinthodonten.
	E. Dyas oder Perm, Kupfergebirge. 1) Rotliegendes (hierher gehörig auch das Totliegende).	Rote Konglomerate (Sandsteine), Schieferthone, Porphyrtuff.	Baumfarne (Tubicaulis), Koniferen (Walchia Ullmannia).
	2. Zechstein (Kupferschiefergebirge).	Mergelige, kupferhaltige Konglomerate, Kupferschiefer, Zechstein, Sandstein, Stinkkalk, Dolomit (Rauchkalk), Gips, Steinsalzstöcke (Staßfurt), Braunstein, Eisenspat, Rauchwacken, Letten.	Mooskorallen, Brachiopoden (Spirifer), Lingula, Knorpelfische (Palaeoniscus), Platysomus, Schmelzschupper, (Ganoiden), Molche (Proterosaurus), Archegosaurus.

e. Verbreitung in Deutschland	f. Sonstige Verbreitung in Europa	g. Sonstige Verbreitung in anderen Erdteilen	h. Besondere Bemerkungen
Sachsen, Thüringen, Fichtelgebirge (Vogtland). Vergl. S. 246.	Britische Inseln (Wales) und südliches Schottland. Böhmen. Rußland (Dünagebiet, Esthland, Livland, westlicher Ural).	Nordamerika zwischen dem appalachischen und Laurentischen Gebiete (archäisch), Alleghanies; Bleiglanzregion am oberen Mississippi.	Die Silurgebiete Europas sind im Untersilur sehr verschiedenen Charakters.
Rheinland, Eifel, Hunsrück, Taunusphyllite. — Harz (Wieder Schiefer, Tanner Grauwacke). — Vergl. S. 247.	Ostalpen, nördlich und südlich vom archäischen Hauptgebirge (steirische Alpen).	New-York.	
Ruhr, Saarthal, Klausthal, Ilfeld a. H., Ilm, Waldenburg i. Sch. Vergl. S. 202–205, 247.	England (Nord-Engl.), Schottland. Belgien. Böhmen, Mähren.	Nordamerika: Kansas, Arkansas. China.	
Oberschlesien.			
Vorgebirge und Randgebirge der Urschiefer- u. Übergangsgebirge: Hunsrück, Haardt, Harz, Kyffhäuser, Nordabhang des Riesengebirges 2c. Mansfeld. Vergl. S. 206, 247.	Rußland (Perm). Ungarn. Desgl.	Westliches Nordamerika. Desgl.	

a. Zeitalter, Hauptformation (Formationsgruppe) (Epoche)	b. Unterabteilungen	c. Hauptgesteine (Charaktergesteine)	d. Organismen
III. Sekundäre Formationen. Mesozoische Periode, Flözgebirge, Flöz (im engeren Sinne). **Mittelalter der Erde.**	**A. Trias,** triadische, triassische Formation (Zeitalter der Panzerlurche, der ersten Ammoniten, Vögel und Säugetiere).		
	1) **Buntsandstein,** untere Triasabteilung (wenig Versteinerungen).	Konglomerate, bunte Sandsteine, Mergel, Werfener Schiefer (Alpen, Salzlager Berchtesgaden).	Equisetaceen, Cykadeen (Zapfenpalme); Fährten von Froschsauriern (Chirotherium Barthi) Labyrinthodonten und Vogelfährten in Nord-Amerika.
	2) **Muschelkalk,** mittlere Triasabteilung (arm an Pflanzenresten); große Anzahl von Tierindividuen, Muscheln (wenig Arten).	Kalksteine, Wellenkalk, Dolomite, Mergel, Gips, Anhydrit, Steinsalzlager, Kalke (Hallstadt).	Encrinus liliiformis (Meerlilie); Lochmuschel (Terebratula vulgaris), Ceratiten (Ceratites nodosus), knotiges Ammonshorn, langschwänzige Krebse, Meersaurier (Nothosaurus), die ersten Ammoniten.
	3) **Keuper,** obere Triasabteilung.	Sandsteine, Mergel, Gips, Dolomite, Lettenkohle, Dachsteinkalke.	Froschsaurier (Mastodonsaurus), Krokodile, Belodon, Neckarsaurier.
	B. Jura (Oolithgebirge), sehr reich an Versteinerungen; Zeitalter der Ammoniten, Belemniten, Fischeidechsen, Flugeidechsen.		
	1) **Lias,** schwarzer Jura, untere Abteilung des Jura.	Sandsteine, Kalke, Thone, Mergel, bituminöse Schiefer.	Kryptogamen, Cykadeen, Koniferen. Gryphaeen, Ceratiten, Pentacriniten, Belemniten, Ammoniten, Ichthyosaurus, Plesiosaurus.
	2) **Dogger,** brauner Jura, mittlere Abteilung des Jura.	Kalke, eisenschüssige Sandsteine, Thone, Rot- und Brauneisenoolithe.	Beuteltier im engl. Dogger, die größten Belemniten.

e. Verbreitung in Deutschland	f. Sonstige Verbreitung in Europa	g. Sonstige Verbreitung in anderen Erdteilen	h. Besondere Bemerkungen
Vergl. S. 206–208, 248.			Vergleiche hierzu die geologische Karte von Deutschland und die an früherer Stelle gemachten Bemerkungen.
Die Flußgebiete der Werra, Fulda, Leine, Saale, und des Main und Neckar sind hauptsächlich triassisch. Die thüringischen Städte Jena, Weimar, Erfurt, Gotha liegen auf Trias. Rüdersdorf bei Berlin, Haardt, nördliche Hälfte der Vogesen, Eifel (Gerolstein, Kommern), Bamberg, Heidelberg, Heilbronn, Nürnberg bezeichnen Markirungs-Punkte für die süddeutsche Trias. Oberschlesien.	England: Liverpool; Cheshire, Lancashire (New red sandstone). Alpen (Dolomite, Südtirol). Raibler, Hallstädter Schichten (pelagische Bildungen), Wetterstein; Werfener Schichten.	Nordamerika: Streifen den Alleghanies entlang; schmale Bänder des New red sandstone, Connecticut, New Jersey, Virginia. Asien: Salt range in Indien; Pamir, Himalaja. Südafrika (Karrooformation, die auch zum Perm gerechnet wird). Das obere Kongogebiet.	
	Ostalpen.		
Die hierher gehörigen Purbeckschichten, eine Ablagerung aus Brackwasser 500 m mächtig am Deister.			
Schweizer Jura, Deutscher Jura entlang der Donau bis zur Fränkischen Schweiz. — Weserkette (von Holland bis Halberstadt), Hilsmulde; Oberschlesien. Vergl. S. 209–210, 249.	Frankreich: Das obere Maasgebiet. Quellengebiet der Marne und rechtsseitige Nebenflüsse der Seine. Rußland: Gebiet der Petschora. England: Von Portland am Kanal über Bath, Oxford bis zur Trentmündung. — Ein Teil der Kalkalpen.	In Nordamerika mit Sicherheit nur an wenigen Stellen nachgewiesen (Sierra Nevada und Ostabfall der Rocky Mountains). In Südamerika: Bolivia, Chile.	Oft fehlt von den drei Hauptgliedern des Jura das eine oder andere einem Lande vollständig; Lias fehlt im europäischen und asiatischen Rußland, Kleinasien, Indien. In der Mitte der Jurazeit hat eine große Überflutung durch das Jurameer statt gefunden.

a. Zeitalter Hauptformation (Formationsgruppe) (Epoche)	b. Unterabteilungen	c. Hauptgesteine (Charaktergesteine)	d. Organismen
(III. Sekundäre Formationen ferner:)	3) Malm, weißer Jura, obere Abteilung des Jura.	Thonmergel, Plattenkalke, Korallenkalke, lithographische Schiefer (Solenhofen, Eichstätt).	die ersten Knochenfische, Schildkröten, Flugsaurier (Pterodactylus), Archaeopteryx, riffbauende Korallen, Spongien.
	C. Kreide, kretacische Formation, Quadersandsteingebirge; Zeitalter der Rudisten, Hippuriten (ammonitenähnliche Formen); erste Laubhölzer. Zwischenbildung: Wealdenthonformat., Deistersandstein (Deister).	Thone, feinkörnige Sandsteine.	Landsaurier, Dinosaurier, Iguanodon.
	1) Neocomien (Hils), untere Kreide.	Kalke, Sandsteine, Thone, Mergel, Teschener Karpathenschicht.	Turriliten, Ammoniten, Belemniten, Rudisten: Hippurites cornu vaccinum (Kuhhorn), Inoceramen, Austern, Mosasaurus (Maassaurier.
	2) Gault (Golt), mittlere Kreide.	Kalke, Sandsteine, Thone, Mergel.	
	3) Pläner (Quadersandstein), obere Kreide: a) Unterquader, Cenomanformation; b) Mittelquader, Turonformation; c) Oberquader, Senonformation.	Weiße Schreibkreide [1]) und Feuersteine, Hippuritenkalke, Quadersandsteine (Teufelsmauer), Grünsandsteine, Pläner Kalk.	Erlöschen der Belemniten und Ammoniten. Belemnitella mucronata (letzter Belemnit in der Schreibkreide).
IV. Tertiärperiode. Känozoische Periode. Tertiärsysteme. Tertiärepoche. Neuere Zeit der Erde.	A. Eocän (Eocen), ältere Tertiärformation, älteres Braunkohlengebirge.	Thone in England (Woolwich, London, Bartonthone), Soissonsthone, Miliolitenkalke (Paris), Quarzsande, Nummulitenkalke, Sandsteine (Alpen), Nummulites nummularia (Münzmuschel), Grobkalke.	Laubhölzer, Phanerogamen. Klimatische Zone noch nicht hervorgetreten, tropische Flora in Deutschland. Hornschnecken, Lucarde, Nummuliten entwickelung (Wurzelfüßer bis 60 mm Durchmesser), Muscheln, die noch existieren, große Huftiere (Paläotherium, Anthrakotherium), Nagetiere, Raubtiere, Affen (Dryopithecus), Pithecanthropus.

[1]) Kreide, die Bildung von Rhizopoden und Foraminiferen, Hippuriten, Turriliten.

e. Verbreitung in Deutschland	f. Sonstige Verbreitung in Europa	g. Sonstige Verbreitung in anderen Erdteilen	h. Besondere Bemerkungen
Porta Westfalica, Eichstätt.			Vergl. S. 259.
Vergl. S. 211—212, 249—250. Kreidegebiet von Mastricht und Aachen. — Der Teutoburger Wald, Helgoland (zugleich triadisch), nordwestliches Deutschland, baltisches Kreidegebiet (Wollin, Rügen, Mecklenburg).	Süd-England am Kanal bis zur Ostküste. Frankreich: die Kreide umgiebt das Pariser Becken; ferner Flußgebiet der Garonne, des unteren Rhone. Quadersandsteingebiet Böhmen (sächsisch-böhmische Schweiz). Balkanhalbinsel und Griechenland (Pindus).	Grönland. Nordamerika: Texas, Ebenen am Ostabhang der Rocky Mountains. Südamerika: südlich des Amazonas (Matto Grosso). Afrika: mittlerer Nil (Dongola, Chartum).	Auch in der Mitte der kretaceischen Periode hat eine Überflutung (Transgression des Meeres) statt gefunden.
Vergl. S. 213—216, 250—251. Mainzer Becken. — Braunkohlenformation der Mark, Pommern, des Meißner ꝛc., von Egeln, Aschersleben. Südbayern (Molasse).	Sehr verschieden in den einzelnen Ländern entwickelt. Wiener Becken. Londoner Becken. Pariser Becken. Außerdem Frankreich: Land südlich der Garonne bis zu den Pyrenäen.	Grönland, Spitzbergen. Nordamerika: In Oregon, Montana. Asien: Java, Borneo, Steppen des Ust-Urt. Afrika: Mittel und Oberägypten, Barka.	Heranbildung der jetzigen Klimazonen. Große vulkanische Eruptionen (Eifel, Laacher See, Vogelsgebirge, Siebengebirge, Rhön, Lausitz; Auvergne; Ungarn).

a. Zeitalter Hauptformation (Formationsgruppe) (Epoche)	b. Unterabteilungen	c. Hauptgesteine (Charaktergesteine)	d. Organismen
(IV. Tertiärperiode ferner:)	B. Oligocän, mittleres Braunkohlengebirge. Zeit der Niveauverschiebungen.	Sande, Mergel, Thone, Süßwasserkalke, Gips von Montmartre, Sandstein von Fontainebleau, Septarienthon, Mergel, Braunkohle, Bohnerz von Frohnstetten in der schwäb. Alb, Flysch, dunkelfarbige Schiefer, Sandsteinmergel, Schieferthone, Nummulitenkalk, untere Molasse (Sandstein) und Braunkohlen von Böhmen.	Eichen, Ulmen, Bernsteinfichte, keine klimatische Differenz, Pflanzen in gemäßigten, subtropischen und tropischen Zonen zusammen wachsend. Datteln, Bambus, Lorbeer, Feige, Pappel Ulme, Birke, Taxodium Magnolien; Mastodon, Dinotherium, verschiedene Huftiere sterben aus. Elephas, Rhinoceros, Pferde, Hirsch 2c., Affen, wahrscheinlich auch der Homo.
	C. Miocän u. Pliocän, jüngere Braunkohlenformation, Neogen.	Salzlager in Siebenbürgen, Mainzer Becken (Landschneckenkalk), Blätterkohlensandstein, Braunkohlensandstein, Nagelfluh (grobes Konglomerat, Rigi), Wiener Becken (Leithakalk, Konglomerate, Tegel, Belvedere-Schotter bei Wien), Öninger Schiefer. Eruptivgesteine: Trachyte, Basalte.	Beginn der Scheidung nach Klimazonen. Verteilung der Pflanzen nach Zonen. Tierwelt wie im Oligocän, Andrias Scheuchzeri, Riesensalamander (Öningen) für Reste von Menschen gehalten. Pithecanthropus?
V. Quartärperiode, Neolithische, Neozoische Periode. anthropozoische Periode, Pleistocän, quaternäre Formation, Jetztzeit, prähistorisches und historisches Zeitalter, quaternäre Epoche. Von den prähistorischen Perioden: Steinzeit, Bronzezeit, Eisenzeit.	A. Diluvium, Eiszeiten. 1) Vor- (präglaciale) Stufe. 2) Glacialzeit. 3) Postglaciale Stufe.	Höhlenlehm, Löß, Ablagerungen an Orten, wohin in der Jetztzeit die Einwirkungen von Flüssen, Meeren, Gletschern nicht reichen (Blöcke, Findlinge, Asare, Drumlins, Kames, Quellsand, Tuff, Geröll, Schotter, Humus), mit den folgenden nahe zusammenhängend, erratische Blöcke, Höhlenlehm, Kalksinter, Geschiebelehm.	Flora der jetzigen entsprechend. Reste von Tieren und Pflanzen, die jetzt nicht mehr existieren, Rhinoceros tichorhinus, Mammut, Höhlenbär 2c. Gegenwart des Menschen sicher nachgewiesen.

e. Verbreitung in Deutschland	f. Sonstige Verbreitung in Europa	g. Sonstige Verbreitung in anderen Erdteilen	h. Besondere Bemerkungen
Mark Brandenburg, Samland (Bernsteinschichten). Das Gebiet zwischen Donau und Alpen und dazu gehörig die Schweiz zwischen Jura und Alpen (Appenzell).	Ungarn: Leithagebirge. Nordabhang der Karpathen: Wieliczka, Bochnia. — Spanien (Ebrothal, Südabhang der Pyrenäen, Guadalquivirthal). Süd-Rußland: Dnjepr-Gebiet. Italien, fast ganz Sizilien. Mittelitalien, Ostseite der Apenninen.	Nordamerika: Nebraska, Nord- und Südkarolina (Five Water-Region), Alabama, Texas, das Innere von Florida (an den Küsten Quartärbildungen), Yucatan. Südamerika: Pampas z. T., Küstendistrikte. Gebiet Amazonas-Madeira, Rio Negro. Südostaustralien: Darling, Murray, Lachlan-Gebiet.	Die einzelnen Unterabteilungen sind nicht überall parallel ausgebildet.
			Scheidung der Klimazonen. Hebungen, Senkungen, Kontinente, Gebirge (Cordilleren, Anden, Karpathen, Pyrenäen, Alpen, Kaukasus, Himalaja). Zahlreiche vulkanische Eruptionen; vergl. S. 261.
Für Deutschland folgende Einteilung: Marines Diluvium, Alt-Diluvium, erste Eiszeit, zweite Eiszeit mit Moränen, Diluvium, Alt-Alluvium (recente Bildung), Torflager, Dünen, Wattenschlick, Jung-Alluvium.		Grönland, Feuerland, jetzt noch in der Eiszeit.	Die Diluvialbildungen sind nicht überall scharf zu trennen von den Alluvialbildungen.

Die Südgrenze der Glacialbildungen in Europa (abgesehen von den sich den Gebirgen anschließenden Thalgletscherbildungen in den Alpen bis in die Poebene, im Kaukasus, in den Pyrenäen) ist von Westen nach Osten durch folgende Markirungspunkte gegeben: Kanal von Bristol, durch England über Oxford, Themsemündung, Küste von Belgien, Niederrhein, Wesergebirge, Nordabhang des Harzes, Nordabhang des Erzgebirges, die Sudeten entlang, von da nördlich über den 50. Breitegrad hinaus in mannigfacher Biegung durch Rußland nach Norden bis zur Kamagegend. Das Mündungsgebiet der Wolga und des Ural (Quartär) ist nicht von der Eiszeit berührt.

a. Zeitalter Hauptformation (Formationsgruppe) (Epoche)	b. Unterabteilungen	c. Hauptgesteine (Charaktergesteine)	d. Organismen
(V. Quartärperiode ferner:)	B. Alluvium.	Schlamm, Schlick, Schutt, Bildungen von Gestein durch das Wasser (Tropfstein, Travertin), Gletschermoränen, Laven u. s. w., Torfbildungen, recente Süß- und Salzwasserbildungen, Koralleninseln.	Die jetzt lebenden ode in historischer Zeit ausgestorbenen oder ausgerotteten (Stellers Borkentier, Dronte). Vergl. S. 252 u. a. O
		Dynamische Geologie.	

2. Nomenklatur de

Schon wiederholt ist im Laufe der Betrachtung darauf hingewiesen, daß eine gelegentliche Erklärung der Namen und Fremdwörter, welche in den Naturwissen schaften eingebürgert sind, sich allgemein nicht durchführen läßt.

Ein großer Teil der Benennungen ist international geworden, wodurch das Verständnis fremdsprachlicher Werke und Abhandlungen nicht unwesentlich erleichtert wird. Bei den Benennungen der einzelnen Systeme und Formationen sind aber viele fremdartige Ausdrücke vorhanden, die auch bei Kenntnis der alten Sprachen (griechisch und latein), die übrigens immer mehr schwindet, nicht sofort verständlich sind, weßhalb hier eine kurze Nomenklatur gegeben werden mag, die sich allerdings nur auf die angeführten Namen beziehen soll. Die Namen der Paläontologie sind

1. Prinzip der Aufzählung

Zu dieser Gruppe gehören die Bezeichnungen der Formationen und zwar sind aus dem lateinischen entlehnt:

Primitiv,	ursprünglich	von	primitivus;
primär,	die erste Formation,	„	primarius, primus;
sekundär,	„ zweite „	„	secundarius, secundus;
tertiär,	„ dritte „	„	tertiarius, tertius;
quaternär, quartär,	„ vierte „	„	quaternarius, quartus.

[1]) Der griechische Doppellaut Alpha Jota (αι) wird im lateinischen und deutschen durch ä (selten durch ē) wiedergegeben und Epsilon Jota (ει) im deutschen durch ī, der Accent ~ bezeichnet die Dehnungsbetonung; α als Vorschlagssilbe (das sogenannte α privativum) deutet an, daß Betreffendes nicht vorhanden ist: azoisch, ohne lebende

e.	f.	g.	h.
Verbreitung in Deutſchland	Sonſtige Verbreitung in Europa	in anderen Erdteilen	Beſondere Bemerkungen

Das Alluvium umfaßt die jetzigen Bildungen, die an jedem Flußlauf zu beobachten ſind.

Die ganze norddeutſche Tiefebene, das Gebiet des Irtyſch in Sibirien, das Gebiet des Paraguay und die Pampas gehören hierher. Auch zählt man die Wüſten und Sand- und Moorgebiete der verſchiedenen Erdteile hierher, ſo weit nicht anſtehende Geſteine einen Anhalt für die unterliegenden Formationen geben.

yſteme und Formationen.

nicht berückſichtigt, da ihre Erklärung aus den zoologiſchen und botaniſchen Nomenklaturen hervorgeht; als Erklärung iſt öfters eine Wortüberſetzung hinzugefügt, die nicht den Anſpruch auf Erſatz des Fremdwortes macht.

Die Prinzipien der Nomenklatur der Syſteme ſind: 1) Die einfache Aufzählung der Reihenfolge nach oder unter Zugrundelegung der Vorkommniſſe der Geſteine und Organismen; 2) das geographiſche Prinzip (Namen nach Orten, Völkerſchaften ꝛc.); 3) nach den Gegenſtänden (Sachprinzip); 4) nach Ausdrücken, die von altersher überkommen oder des internationalen Verſtändniſſes und bequemer Wortbildung wegen aufgenommen ſind; 5) nach Perſonen. Die übrigen Ausgangspunkte der Benennung kommen dagegen wenig in Betracht.

nach der Reihenfolge.

Der griechiſchen Sprache entſtammen:

ἀρχαῖος (archaios, archaeos [1]), alt (ur); daher archäiſch.
παλαιός (palaeos), alt.
μέσος (mesos), in der Mitte.
καινός (kaenos), neu (auch als Endſilbe: -kän oder -cēn, -zēn.
νέος (neos), neu.
λίθος (lithos), Stein.
ζῶον (zoon), Tier, lebendes Weſen.
πρῶτος (protos), der erſte.
πρότερος (proteros), erſte (Formation).
δεύτερος (deuteros), zweite (Formation).
τρίτος (tritos), dritte (Formation).
ἕως, *ἠώς* (heōs, ēōs), Morgenröte.

Weſen; anorganiſch, nichtorganiſch. Das griechiſche *κ* wird, wie es vor e, i, ae der Fall, oft in c (neuorthographiſch z) umgewandelt, z. B. Eozän, (Eocen, Eozen), Morgenröte des Neuen (Formation, in der die erſten jetzigen Tierformen erſcheinen).

ὀλίγος (oligos), wenig.
μεῖον (meion), kleiner.
πλεῖον (pleion), mehr.
πλεῖστον (pleiston), das meiste.
δυάς, Genit. δυάδος (dyas, dyados), Zweiheit.
τριάς, Genit. τριάδος (trias, triados), drei (Dreizahl).
γεννάω (gennao), ich erzeuge, bringe hervor; als Endsilbe -gen, z. B. neogen; auch von γένος (genus), Geschlecht, oder von γένεσις (genesis), Entstehung, abzuleiten.

Hiernach erklären sich leicht die Ausdrücke archäolithisch, azoisch, — paläolithisch, -zoisch, — mesolithisch, -zoisch, — känolithisch, -zoisch, — neolithisch, -zoisch; — proterozen, deuterozen, tritozen; — praecän, procän; — eo-, oligo-, mio-, plio-, pleistocän; — Trias (weil sich diese Formation aus drei Gruppen zusammensetzt), Dyas (die zwei Gruppen Rotliegendes und Zechstein umfassend), u. A. m.

Auch für die Benennung von Fossilien haben diese Aufzählungs- und Altersbezeichnungsarten dienen müssen: Eozoon canadense, kanadisches Morgenrottier, — Palaeotherium, Alttier, — Protista, die ersten Lebewesen u. s. f.

2. Geographisches Prinzip (Völkerschaften, Orte 2c.).

Laurentisch, vom Lorenz- oder Laurentius-Strom in Nordamerika.

Huron, vom Huronsee in Nordamerika.

Cambrium, von Cambria, einer alten Benennung der Halbinsel Wales; (auch mit den Vorsilben prae oder ante, vor: präcambrisch, antecambrisch).

Algonkium, nach den Algonkin, einem Indianerstamm am Churchill, Hudsonsbai.

Silur, nach den Silurern, einem alten keltischen Volksstamm in England.

Devon, nach der Grafschaft Devonshire in England.

Perm, nach dem Gouvernement Perm in Rußland.

Rhät (besonders ausgebildet in der alpinen Trias), abgekürzt statt Rhätische Gruppe, von Rhätikon zwischen Schweiz und Tirol.

Purbeck, von der Isle of Purbeck, Halbinsel in der englischen Grafschaft Dorset.

Kimmeridge, nach dem Dorf dieses Namens unweit Corfe Castle und St. Albans Head, Grafschaft Dorset (Weymouth).

Kreta (kretacisch), Kreide, soll nach der Insel dieses Namens benannt sein (engl. Crag-Chalk).

Wealden, Wäldergegend in der Grafschaft Kent, südlich von London.

Neocom, von Neocomum (Neuchatel).

Hils (= Neocom), marine Schicht der Kreide; von der Hilsmulde im Hannöverschen.

Cenoman, nach den Cenomanen, einem keltischen Volk in Gallien, mit der Hauptstadt Suindinum (Le Mans).

Turon, nach den Turonen, den alten Bewohnern der französischen Touraine.

Senon, nach den Senonen, einem Volk in Gallien mit der Hauptstadt Sens.

3. **Sachprincip** (Beschaffenheit, Eigenschaften, Vergleichungen, Entstehungsweise, Zweck).

Carbon, von carbo, die Kohle; — Konglomerat, von conglomerare, zusammenballen; Phyllit (schieferartiges Gestein), von φύλλον (phyllon), Blatt (wegen seiner Spaltbarkeit).

Die paläontologischen Namen mit der Endung therium beziehen sich auf Tiere, von θήρ, θηρίον (ther[ion]), das Tier; ein dieser Endung vorangesetztes charakteristisches Merkmal ergiebt die Bezeichnung: Hippotherium, Pferdetier, von ἵππος (hippos), Pferd; — Chirotherium, Handtier, von χείρ (cheir), Hand; — Dinotherium, Schreckenstier, von δεινός (deinos), furchtbar; — Aceratherium, Ohnehorntier, von ἀκέρατος (akeratos), ungehörnt.

Die Endung odon bezieht sich auf die Zähne, von ὀδούς, Genit. ὀδόντος (odus, odontos), Zahn; Mylodon, Mühl-(Mahl-)Zahn, von μύλη (myle), Mühle; Mastodon, Zitzenzahntier, von μαστός (mastos), Mutterbrust, Zitze.

Sonstige hierher gehörige Bezeichnungen:

Old red sandstone, alter roter Sandstein (Wales).

Bone bed (oberste Trias, besteht aus Knochen und Zahnbruchstücken), von bone Bein, Knochen, Gräte; bed Bett, Schicht.

Diluvium, von diluvies, Überschwemmung, Wasserflut (diluo, ich löse auf, zerspüle).

Alluvium, von alluvio, angespültes Land (alluo, ich spüle an).

lithographisch, von λίθος (lithos), Stein, und γράφω (grapho), ich schreibe.

Trilobiten (vgl. S. 246 u. a. O.), von τρίλοβος (trilobos), dreilappig.

Ammoniten, wegen der Ähnlichkeit mit den Widderhörnern des Jupiter Ammon.

Belemniten, von βέλεμνον (belemnon), Geschoß, Donnerkeil.

Rudisten, von rudis, rauh, roh.

Hippuriten, von ἵππουρις (hippuris), Roßschweif.

Rhizopoden, von ῥίζα (rhiza), Wurzel, und πούς, Genit. ποδός (pus, podos), Fuß: Wurzelfüßer.

Foraminiferen, von foramen, Öffnung
Spiriferen, von spira, gewundener Körper
} und fero, ich trage: { Öffnung bezw. gewundene Körper tragend.

Nummuliten, von nummus, Münze.

Sericit (Sericitschiefer, Taunusschiefer), von sericus, seiden (nach seinem seidenglänzenden Aussehen).

4. **Überkommene Ausdrücke und Vokabelausdrücke; Fremdwörter internationalen Verständnisses und der bequemen Wortbildung wegen aufgenommen.**

Röth, obere Gruppe des Buntsandsteins; Thon u. Schieferletten bei Freudenstadt im Schwarzwaldkreis. Der Ausdruck ist nicht überall gebräuchlich.

Keuper, provinzielle Benennung aus Franken für thonige Mergel.

Flöz (von Werner eingeführt).

Sand,
Thon,
Schiefer,
Jura,
} deutsche Bezeichnungen.

Lias (Leias), engl. Bezeichnung für eine Art Kalkstein.

Dogger, alter engl. Mineralname für ein Eisensilikat.
Malm, alt-engl. Ausdruck.
Culm, englischer Ausdruck für eine Kohlenart.
Gault, engl. Lokalname für fette Thone.
Flysch, Molasse, } alte schweizer. Ausdrücke.
Löß, alter deutscher Ausdruck.
Schlick (Wiener Becken).
Mergel, alter deutscher Ausdruck.
Humus, von humus, Erdboden.
Glacial u. s. w., von glacies, Eis (mit den Präpositionen: prae, vor; inter, zwischen; post, nach, unter).
Saurus, von σαῦρος (sauros), Eidechse.
Bitumen, von bitumen, Erdharz.
Septarien (neulateinisch; von septum, Umzäunung), gegitterte Konkretion.

5. Nach Personen.

Dolomit nach dem Geologen Dolomieu. Von diesem Prinzipe ist ganz besonders häufig in der Mineralogie Gebrauch gemacht: Schönit, Hauerit, Hausmannit, Göthit, Hauyn, Danait 2c.

6. Willkürliche, gezwungen gebildete Namen.

Potsdam, eine Art Sandstein im Staate New York. — Tegel (Wiener Becken), soll von tegula, Ziegelerde herkommen. — Mammuth, Mammut soll aus dem russischen mámont, mamant kommen und dies vom tartarischen Namen mamma, die Erde, weil die Tungusen glaubten, daß das Tier die Erde aufwühle wie ein Maulwurf; nach anderen von Behemoth, einem Untier, das im Buche Hiob erwähnt wird; also durch willkürliche Umformung entstanden.

3. Schilderung einzelner Zeitalter.

Dem zuvor gegebenen Überblicke über die Formationen könnte nun eine Schilderung der Zeitalter nach Charakterlandschaften folgen, wobei es der Phantasie unbenommen bleibt, sich beliebig die Landschaften auszumalen [1]).

So erblicken wir in der Steinkohlenlandschaft mächtige Lepidodendren mit ihren verzweigten Gipfelformen an den Ufern flacher Sümpfe, bei denen das Wasser durch baumartige Schachtelhalme fast bedeckt wird, während an freieren Stellen des benachbarten festen Landes baumartige Farne die Lichtung schmücken; die Tierwelt tritt ganz zurück und wir können uns die feuchte, stark kohlensäurehaltige Luft mit trübem Himmel hinzu phantasieren, um einen subjektiven Eindruck zu erhalten.

Ein Blick in die Sekundärzeit zeigt uns ein weites, ruhiges, mit Inseln durchsetztes Meer, Cykadeen- und Koniferenwälder bedecken, mit Palmen

[1]) Abbildungen, die solche Rekonstruktionen der einzelnen Zeitalter wiedergeben, sind enthalten in „Fraas, Die Weltalter", „Neumayr, Die Erdgeschichte", und in „B. Cotta, Geologische Bilder."

durchsetzt, die Ufer, die von den riesigen Formen der Saurier belebt werden, während einzelne Flugechsen die Luft durchsegeln. Das Meer ist von Fischen belebt, birgt ungeheure Ammoniten und zeigt eine üppige Entwickelung der übrigen Tierwelt der Periode.

Im Tertiär, der Periode der Bewegung, konnten vulkanische Durchbrüche in den im Aussehen sich unseren Tropenlandschaften nähernden Formen die Scenerien wechselvoll gestalten, und gar die Eiszeit, wie die Diluvialzeit überhaupt, für die das Auftreten des Menschen mit Sicherheit nachgewiesen ist, vermag die wechselvollsten Bilder vor unseren Augen vorüberziehen zu lassen. Eine Vegetation, die der heutigen vielfach gleicht, Wälder und Steppen, gewaltige Tierformen beleben sie, ganz verschieden nach den einzelnen Kontinenten.

Ein großer Teil der letzteren wird vergletschert. Norddeutschland bietet den Anblick Grönlands, mit nordischer Tierwelt, und von den im Tertiär gebildeten gewaltigen Gebirgszügen steigen die Gletscher weit in die Ebene hinab. Ja die Phantasie kann über unsere Periode hinauseilen, die Sonne sich erkaltend vorstellen und ausmalen, wie die Organismen der Erde und das Menschengeschlecht, das zur höchsten Intelligenz gelangt ist, durch eine neue Eiszeit zu Grunde gehen.

Im Zusammenhang mit den erwähnten Vorstellungen hat man sich die einzelnen Tierformen rekonstruiert, wobei aber in Beziehung auf Farbe, Hautbedeckungen und andere Teile sehr die Phantasie mitsprechen muß. Nur beim Mammut und Knochennashorn ist uns die Hautbedeckung bekannt, die, ebenso wie die Nahrung, schließen läßt, daß diese Tiere im nordischen Klima lebten. Es giebt jedes Knochengerüst und Bau der Gliedmaßen einen Anhalt für den Bau der Tiere, die Zähne für die Ernährung, so daß man die allgemeine Form angeben kann, — aber alles Übrige sind Zuthaten.

Immerhin aber ist es ein großes Vergnügen, die früheren Perioden der Entwickelung sich mit den sonderbarsten Tier- und Pflanzengestalten beleben zu sehen, oder sich den prähistorischen Menschen vorzustellen im Kampfe mit den gewaltigen Formen der Diluvialfauna, wie er mit seinen einfachen Steinwerkzeugen mit Höhlenbär und -löwe um sein Dasein kämpfen mußte. Bei der Entwickelung der Anschauungen über die Entstehung der Erde wird Gelegenheit sein, einen Blick auf die Dauer der Perioden zu werfen, die gegen die historische Periode (circa 5000 Jahre) gewaltige Zeiträume umfassen. Die Geologie der Jetztzeit, die dynamische Geologie, welche von Umänderungen, die jetzt auf unserer Erde vor sich gehen, handelt, bildet naturgemäß den Übergang dazu. Feuer (erhöhte Temperatur), Wasser und Wind, Organismen und industrielle Eingriffe des Menschen sind die gestaltenden Kräfte, die unaufhörlich seit den Jahrtausenden der letzten Entwickelungsepoche thätig und wirksam gewesen sind.

Abweichend von den Bildern, welche bestimmt sind, in phantasievoller Zusammenstellung uns die Landschaften der Erde, wie sie vor Hunderttausenden von Jahren waren, vorzuzaubern, ist in neuester Zeit eine Zusammenstellung durchgeführt, die sich nur aufbaut auf wirklich gefundenen

Überresten, und die hier im Einverständnis mit Verfasser und Verleger wiedergegeben wird: „Eine Landschaft der Steinkohlenzeit“ [1]).

Von den beiden sich gegenüber stehenden Annahmen, der, daß die Steinkohle aus Pflanzen autochthon, d. h. in derselben Gegend, wo wir die Kohle fanden, entstanden ist, und der, daß die Steinkohlen sich aus Pflanzenanhäufungen, die an Flußmündungen, Küsten u. s. w. zusammengespült waren, hervorgegangen seien (heterochthon), ist die erstere die wahrscheinliche. Der Verwesungs- resp. Verkohlungsprozeß ist einfach zu erklären: die pflanzlichen Massen (Wälder- und Sumpfpflanzen) wurden mit lockerem Material, Sand, Thon, Kalk, bedeckt und ein allmählicher Zersetzungsprozeß unter Luftabschluß und hohem Druck trat ein, wesentlich derart, daß der Sauerstoff der Pflanzenstoffe mit Wasserstoff und Kohlenstoff derselben andere Verbindungen einging (CO_2 u. A.) und so allmählich entfernt wurde und zugleich auch Kohlenstoff und Wasserstoff sich zu leichtem Kohlenwasserstoff, CH_4, Methan, Grubengas, Sumpfgas (vergl. Schoedler, Chemie S. 144) vereinigten, Prozesse, die noch heute in den Steinkohlenlagern selbst vorgehen und die wir auch sonst beobachten, wenn Pflanzenmassen unter ähnlichen Bedingungen, wie damals, verwesen, wie wir dies in Sümpfen, auf den Deltainseln und Halbinseln des Mississippi und Ganges, in Mooren u. s. f. noch beobachten. —

Die in Fig. 185 (s. bei S. 272) abgebildete Steinkohlenlandschaft ist als ein Waldmoor mit Lichtung vorgestellt. Die ursprünglichen Waldmoore hatten wohl einen stärker ausgeprägten Urwaldcharakter, als er im vorliegenden Fall gewählt werden mußte, um die einzelnen Formen deutlicher sichtbar zu machen.

Auch ist es wohl wahrscheinlich, und es liegen bestimmte Beobachtungen dafür vor, daß bestimmte Pflanzen, wie auch heute, in den Wäldern vorgeherrscht haben. Dies ist durch den Calamariaceen-Wald in der Mitte des Bildes angedeutet: Pflanzen, die an unsere Schachtelhalme erinnern. Diese kommen jetzt in kleiner Form gesellig an feuchten Wiesenrändern und Sümpfen vor.

Der Pflanzenwuchs muß außerordentlich üppig gewesen sein, wie ein tropisches und subtropisches Klima ihn hervorzuzaubern vermag (man denke nur an das schnelle Wachstum des Bambusgrases in den Dschungeln Indiens, wo dicke Halme meterhoch in einem Jahre emporwuchern), auch muß, nach der Lagerung der Flöze zu schließen, eine öftere Zerstörung und Erneuerung des Pflanzenwuchses angenommen werden. Die Carbonflora der Steinkohlenwälder wucherte auf einem flachen Boden; die Gegenden waren eingebettet zwischen wenig hohen Bergen, von welchen aus durch Schlamm und Detritus die Bedeckung der Waldmoore stattgefunden haben kann.

---

[1]) Sie wurde ursprünglich für die Vorlesungen des Dr. H. Potonié über Pflanzenpaläontologie an der Berliner Bergakademie angefertigt, ist dann in verschiedenen Orten schwarz und farbig veröffentlicht, und wurde in neuerer Zeit in Wandkartenform in großem Maßstabe, ebenfalls in schwarzer, wie in farbiger Ausführung, dargestellt (Leipzig 1899, Bornträger). Eine Erläuterung dazu mit Abbildung der Wandtafel in kleinerem Maßstabe und Bezeichnung und Beschreibung der Pflanzenfamilien, welche die Steinkohle geliefert haben, ist besonders zu erhalten und gleichfalls von dem zuvor genannten Verfasser gegeben, der auch ein größeres Werk über „Pflanzenpaläontologie“ veröffentlicht hat.

Für die tropische Natur der Wälder und das tropische Klima der Steinkohlenzeit führt Potonié folgende Gründe an:

„1. Soweit die fertilen Reste der Farne eine nähere Kenntnis des Baues ihrer Sori und Sporangien zuließen, ergab sich die systematische Zugehörigkeit der Verwandtschaft zu Familien, die heute in den Tropen zu Hause sind."

„2. Während in den heutigen gemäßigten Zonen nur Farnstauden gefunden werden und nur gelegentlich einmal, wie bei Onocla struthiopteris, kleine und kurze oberirdische Stämme zur Entwickelung kommen, haben wir es in den Farnen des Carbons — wie sich immer mehr ergiebt — überwiegend mit Bäumen und kletternden resp. windenden Pflanzen zu thun. Überhaupt ist das Überwiegen großer, baumförmiger Gewächse im Carbon auch aus anderen Gruppen, die heute meist krautig sind, zu erwähnen."

„3. Die Adventivfiedern auf der Hauptspindel von Pecopteris-Arten sind eine Eigentümlichkeit, die heute nur an Farnen der Tropen beobachtet wird."

„4. Die Größe der Wedel einer bedeutenden Zahl von Carbonfarnen entspricht wohl Verhältnissen, wie sie in den heutigen Tropen, aber nicht in der gemäßigten Zone vorkommen. So große Wedel und Blätter überhaupt können nur dort vorkommen, wo ihnen das Klima zur Entwickelung genügende Zeit läßt."

„5. Wie die tropischen Holzgewächse vermöge des günstigen Klimas nicht selten ein stetiges Dickenwachstum haben und somit oft der durch ein periodisches Wachstum bedingten Jahresringe entbehren, so fehlen Jahresringe den Holzgewächsen des Carbons durchweg."

„6. Das häufige Vorkommen stammbürtiger Bildungen bei Carbonpflanzen entspricht der vielfach weitgehenden Arbeitsteilung sämtlicher Organe und Organsysteme der Pflanzen der heutigen Tropen. Die letzteren zeigen viel häufiger als die Pflanzen unserer gemäßigten Zone die Ausbildung eigener Sprosse, denen ausschließlich die Arbeit der Ernährung zukommt. Bei den Bäumen mit stammbürtigen Blüten nimmt gewissermaßen die ganze Laubkrone einen solchen Charakter an, und die Nebenarbeit des Blühens und Früchtetragens wird den älteren Ästen und dem Hauptstamme übertragen. Es ist der durch die dichte, tropische Vegetationsdecke bedingte mächtige Kampf ums Licht, der sich darin ausspricht, daß die lichtbedürftigen Laubblätter oft ganz ausschließlich den Gipfel einnehmen, während die Fortpflanzungsorgane an den Teilen der Pflanzen auftreten, die dem Licht weniger zugänglich sind, wo sie jedenfalls die ausgiebige Lebensverrichtung der Laubblätter in keiner Weise behindern."

„Die Thatsache reichlicher Humusbildung (Kohle) zur Steinkohlenzeit spricht freilich nicht für ein tropisches Klima, in welchem die Verwesung viel energischer vor sich geht als in den gemäßigten Zonen; vielleicht ist daher besser aus den aufgeführten Eigentümlichkeiten der Carbonpflanzen nur auf ein subtropisches oder doch dauernd gleichmäßiges Klima (ohne kalte Winter) zu schließen."

Die Abbildung (Fig. 185) erklärt sich durch die derselben angefügte Erläuterung.

Es sind fast sämtliche Hauptformen der Carbonzeit zur Darstellung gelangt. Eine Hauptgruppe bilden die Farnkräuter, Filices, von denen baumförmige Arten, kletternde oder sich windende Arten und staudenförmige, den Boden bedeckende Formen zur Abbildung gekommen sind. Auch die Adventivfiedern (Nebenfiedern), die sich auf der Hauptspindel finden, haben Berücksichtigung gefunden (1^{b}_{2}); Pecopteris (1^{b}_{1}), Caulopteris (1^{a}), Mariopteris (3), Sphenopteris (4).

Als zweite Gruppe sehen wir die Sphenophyllaceen, Wasserpflanzen, deren Blätter auf dem Wasser schwimmend (5) dargestellt sind. Die Calamariaceen (6) bilden die dritte Gruppe. Am mächtigsten waren wohl (vierte Gruppe) die Lepidodendraceen (Schuppenbäume, 7, 8) entwickelt, ihnen nahe verwandt (fünfte Gruppe) die Sigillariaceen (9, 10, 12), deren unterirdische Organe als Stigmarien (11) bezeichnet werden. Die sechste Gruppe bilden die Cordaïtaceen, die schon zu den Laubbäumen überführen; sie sind mit zwei verschiedenen Blattformen (13^{a}, ^{b}) ebenfalls berücksichtigt.

In Beziehung auf die botanischen Einzelheiten müssen wir auf die Pflanzenpaläontologie von Potonié und auf Schoedler, Buch der Natur, Tl. I, S. 375 ff., verweisen.

Was die Färbung anbetrifft, so werden wir bei den Pflanzen uns in Beziehung auf die Farbe auch wohl eine bestimmte Vorstellung machen können. Wir werden schwerlich fehlgehen, wenn wir annehmen, daß die Blätter heller oder dunkler grün gewesen sind, also wie jetzt das Chlorophyll bei allen grünen Pflanzenteilen; chlorophyllfreie Pflanzen (Pilze) oder Pflanzenteile sind in größerer massenhafter Ausbildung nicht vorhanden, und von diesem Gesichtspunkte aus ist die Kolorierung der großen Wandtafel durchgeführt.

„In die Organismenwelt einer geologischen Periode zu blicken", so schließt Dr. Potonié seine Auseinandersetzungen S. 40 der Erläuterung, „in eine Zeit, in der nichts an die höchste tierische Lebewelt und noch weniger an den geologisch so spät auftretenden Menschen irgend etwas erinnerte, gewährt sicherlich für jeden Denkenden einen großen Reiz. Daß der gebotene Blick von der Wirklichkeit abweicht, ist zweifellos: das drängt sich dem genauen und ernsten Kenner der Fossilien auf, welche die einzige sachliche Grundlage bilden dürfen, um das Alte mit geistigem Auge wiederzuschauen. Und dennoch muß es eine Befriedigung gewähren zu wissen, daß es eben nur feststehende Einzelthatsachen waren, welche zu dem Bilde führten, so daß der Gesamteindruck mit Vertrauen als ein solcher betrachtet werden darf, der der vergangenen Wirklichkeit so nahe kommt, als uns unsere derzeitigen Erkenntnisse einen Einblick in dieselbe gestatten."

4. Verteilung der Formationen, frühere Kontinente.

Ist es schon schwierig, die Ausbreitung der einzelnen Formationen, wie wir sie jetzt vorfinden, genau festzustellen, so treten dem Versuche, sich die Ausdehnung des Festlandes und des Meeres, wie es in den einzelnen Perioden war, zu vergegenwärtigen, noch bedeutend größere Schwierigkeiten

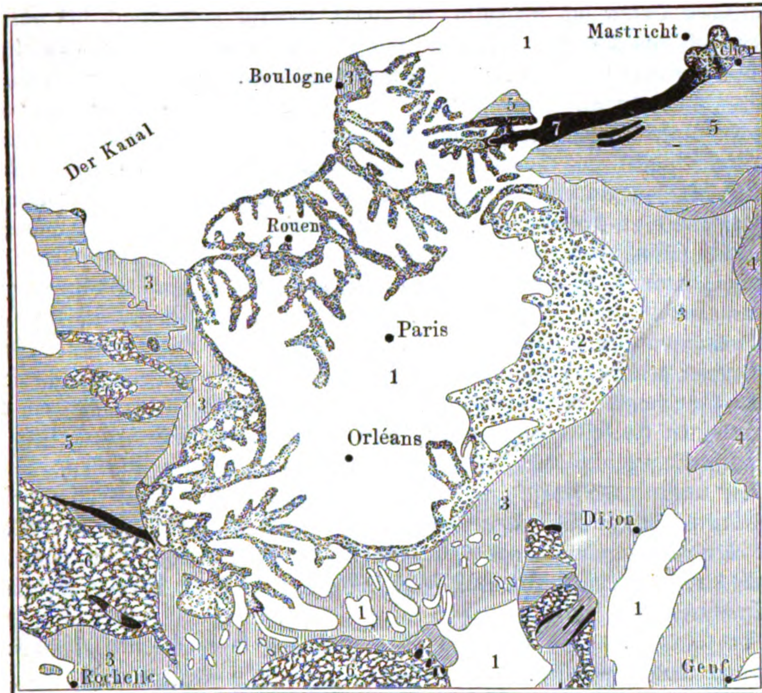


Fig. 185. (I. Filices:) 1a Farnbaum; Caulopteris (Stamm), $1b_1$ Pecopteris, $1b_2$ Adventivfiedern, 1c Spiropteris (junge noch eingerollte Wedel). 2 Farnstamm; Megaphyton, 3 Mariopteris muricata, 4 Sphenopteris vom Typus S. Hoeninghausi. (II. Sphenophyllaceae:) 5 Sphenophyllum mit a Blüten (Bowmanites), b Asterophyllites-Beblätterung. (III. Calamariaceae:) 4 Eucalamites ramosus; der abgebrochene Stumpf 6a zeigt, daß die Stengel hohl sind. (IV. Lepidodendraceae:) 7 Lepidodendron mit a Stigmaria ficoides, b Blüten, 8 Ulodendron. (V. Sigillariaceae:) 9 Syringodendron mit 10 Rytidolepsis, 11 Stigmariopsis, 12 Sigillaria (Favularia), a Blüten. (VI. Cordaitaceae:) 13a Cordaites mit fächrigen, 13b mit bandförmigen Blättern.

entgegen, ja vielfach werden die Kombinationen nur Vermutungen sein und eine Sicherheit der Erkenntnis nicht verschaffen.

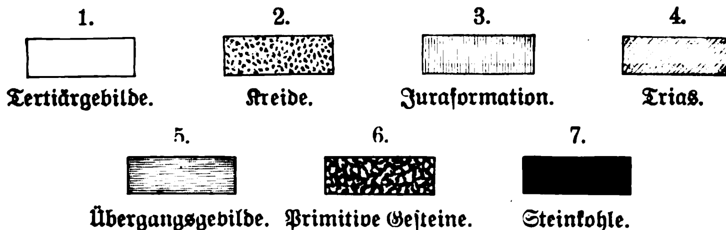
Wenn man z. B. auch erkannt hat, daß in zwei verschiedenen Ländern zwei Schichten denselben bestimmten Formationen angehören, so ist damit nicht

Fig. 186.



Karte des Tertiärbeckens von Paris.

Zeichenerklärung:



ihre Gleichzeitigkeit erwiesen, ebenso auch nicht, daß die betreffenden Teile der Erde einen Zusammenhang gehabt haben. Einen sichereren Anhalt, als die Schichten selbst, geben die Tierformen. Da in früheren Perioden Einflüsse des Menschen auf Verbreitung der Tiere nicht stattgefunden haben, wird man schließen können, daß die gleichen Tierformen, welche auf weit getrennten

Gebieten vorkommen, zur damaligen Zeit ein zusammenhängendes Land bewohnten, wie wir uns jetzt noch das Vorkommen von nordaustralischen Formen auf Neuguinea dadurch erklären, daß die beiden Länder zur Tertiärzeit vereinigt waren.

So unterscheidet man für die Jurazeit drei große Kontinente, den nearktischen Kontinent, der das östliche Nordamerika von 110° w. L. Gr. und den Atlantischen Ocean bis ungefähr 20° w. L. umfaßt und südlich bis an den jetzigen Golf von Mexiko heranragte. Ein breiter Meeresarm trennte diesen von dem brasilianisch-äthiopischen Kontinente, der fast ganz Südamerika, den südlichen Atlantischen Ocean und Afrika, sowie Südarabien umfaßte; eine große Halbinsel (Indomadagassische Halbinsel) erstreckte sich über Madagaskar nach Vorderindien, das durch eine schmale Straße vom dritten großen Kontinente: dem Sinoaustralischen Kontinente, geschieden war. Dieser umfaßte Ostasien bis zum Amurgebiete, Hinterindien mit seiner Inselwelt, sowie den australischen Kontinent mit Ausnahme des westlichen Teiles und zweigte eine Halbinsel nach Neuseeland ab. Außerdem werden noch mehrere große Inseln unterschieden: Skandinavien, Island und die armorische Insel (am Kanal) und die Turon-Insel.

Leichter gelingt es, für die unserer Zeit unmittelbar vorgehenden Perioden, wo die Kontinente im wesentlichen schon ihre Gestalt hatten, sich ein Bild von einzelnen Gebieten zu machen, wie es z. B. vielfach versucht ist, die Vergletscherungsgebiete der Eiszeit genau kartographisch darzustellen.

Die vorstehende Karte (Fig. 186) zeigt z. B., wie in der Tertiärzeit das Land beim Pariser Becken verteilt gewesen sein muß. Die Kreidebildung bildet den Auflagerungsgrund für die Tertiärschichten; sie zeigt sich auch überall da, wo Thaleinschnitte, Flußläufe oder Gebirge die Tertiärschichten durchbrochen haben.

So läßt sich auch für das Mainzer und das Wiener Becken die Wasserverteilung wohl feststellen.

5. Die geologische Wand im Humboldthain.

Nach der Darlegung der verschiedenen Formationen in verschiedener Weise (deskriptiv S. 245 ff., tabellarisch S. 254 ff.) bedarf es zur Erklärung der geologischen Wand des Humboldthains, die schon mehrmals erwähnt war und deren bildliche Darstellung (vergl. Taf. I bei S. 280) nun folgen mag, nur einer kurzen Beschreibung des Aufbaues derselben und einer Angabe über die Herstammung der dabei zur Verwendung gekommenen einzelnen Fels- und Gesteinsstücke.

Die geologische Wand soll, — das ist der Hauptzweck (wie dies auch in dem vollständigen Titel der Erläuterung [1]) zu der Wand ausgesprochen wird) —,

[1]) „Die geologische Wand im Humboldthain zu Berlin, ein Anschauungsmittel zur Einführung in die Lehre von dem Bau und den Schätzen der Erdrinde in unserem Vaterlande, im Auftrage der städtischen Park- und Gartendeputation erbaut und erläutert von Ed. Zache, mit einer Tafel." Letztere,

einen Überblick über die geologischen Verhältnisse Deutschlands und eine Anregung zum Eigenstudium geben.

Der Humboldthain stellt zugleich für die Berliner Schulen einen Schulgarten im großen dar und bildet für die Bewohner der nördlichen Stadtteile der deutschen Reichshauptstadt einen Haupterholungsort, der durch die verschiedenartigsten modernen Transportmittel von allen Seiten leicht zu erreichen ist.

Gerade der Zweck dieses Werkes, „die Kenntnis des geologischen Aufbaues unseres deutschen Vaterlandes zu verbreiten", ist um so wichtiger, als nur verhältnismäßig wenigen gestattet ist, durch Reisen denselben kennen zu lernen. Wie viele giebt es nicht in der großen norddeutschen Tiefebene, die nie ein Gebirge, nie die Aufeinanderfolge der Schichten gesehen haben, und wie vielen ist nicht im Süden, in den gebirgigen Teilen Deutschlands und am Rhein, der Bau dieser norddeutschen scheinbar reizlosen Tiefebene ganz und gar unbekannt, sie können sich von den Eigentümlichkeiten und landschaftlichen Schönheiten, der so mannigfaltigen Beschaffenheit des Bodens und dessen Entstehung keine Vorstellung machen.

Ein solches Bild wird durch Betrachtung einzelner Gesteine und Mineralien nicht gewonnen. Das für jede Gegend charakteristische Gestein soll in der Wand hervortreten und das Ganze die Gesetze der Lagerung und Verknüpfung der Schichten und Formationen vor Augen führen. Der Verfasser hat selbst die Wand mit einem Steinbruch verglichen, dessen Oberkante die Form der Erdoberfläche nachahmt, während die äußere Dekoration den Eindruck hervorruft, als ob sich die Bergzüge fortsetzen. Ein Studium der Wand setzt die, welche andere Teile Deutschlands besuchen, in den Stand, die Landschaften desselben, Harz und Thüringen, Sächsische Schweiz und rheinische Gebirge in ihrem gesetzmäßigen Aufbau orientierend kennen zu lernen und die Abbildung wird, den Anblick der Wand selbst ersetzend, auch über den Bau von Norddeutschland genügende Anhaltspunkte geben.

Das zum Aufbau verwendete Material mußte möglichst wetterbeständig sein und wurde in eigens hergestellten Stücken von den einzelnen Fundorten zum Aufbau geliefert.

Freilich unterliegt auch das wetterbeständigste Material der Verwitterung, und jene unscheinbare Verwitterungsrinde, die sich auch beim festesten Gestein bald bildet, wird später eine Erneuerung notwendig machen; in bedecktem Raume würde dies weniger geschehen, aber dann auch der Eindruck eines natürlichen Aufbaues mehr schwinden.

Zunächst kann die Wand zum Studium der Petrographie verwendet werden; die hauptsächlichsten Gesteine, welche in der Petrographie (S. 160 ff.) beschrieben wurden, sind vertreten, ja auch einige, welche dort nicht erwähnt werden konnten, wie der Rapakiwi-Granit, ein Granit, bei dem der

auch in großem Kartenformat von der P. Stankiewiczschen Buchdruckerei herausgegeben, kann als vortreffliches Unterrichtsmittel für den Unterricht nicht bloß in den Schulen Berlins, sondern in allen höheren Schulen benutzt werden. Auf Grund dieser großen Karte, deren Benutzung bei der Herausgabe dieses Buches vom Verleger gestattet wurde, ist die hier beigegebene kleinere Karte nachgebildet.

Orthoklas von einem anderen Feldspat (Plagioklas) umwachsen ist; er findet sich in den Grundmoränen der norddeutschen Tiefebene. Der Rapakiwi aus Finnland ist ein Granitit, der nur schwarzen Glimmer, aber keinen Muskovit enthält wie am Brocken, außerdem Hornblende führt und so als ein Hornblendegranit, der einen Übergang zu den Syeniten macht, betrachtet werden kann.

Auch Pegmatit, Eklogit und Sericitgneis sind früher nur kurz erwähnt; der Pegmatit ist mit dem Schriftgranit (S. 163) sehr nahe verwandt, enthält große Feldspatkrystalle (Orthoklas und Mikroklin) mit Quarz und Glimmerplatten bei grobkörniger Struktur, die Feldspatkrystalle können eine bedeutende Größe annehmen und schriftartig geordnet sein (Striegau in Schlesien, Zwiesel in Bayern).

Der Eklogit ist ein körniges Gemenge einer Augitvarietät (Omphacit) mit rotem Granat, nebst einigen accessorischen Bestandteilen (Cyanit, S. 127). Er ist ein sehr schönes Gestein, das sich in linsenförmigen Einlagerungen im Gneis- und Glimmerschiefer findet, so im Fichtelgebirge, im Erzgebirge und bei Romedal (Norwegen).

Der Sericit, eine Varietät des Kaliglimmers (Muskovit), so genannt vom seidenähnlichen Glanz, ähnelt dem Talk und in der Farbe auch dem Chlorit. Er tritt oft in Glimmerschiefer für den eigentlichen Glimmer, im Sericitglimmerschiefer, als Gemengteil auf; man unterscheidet aber auch den eigentlichen Sericitschiefer, Sericitphyllit (Taunus), ein feinkörniges Gemenge (vergl. Mineralogie S. 121 und Petrographie S. 165).

Arkose ist ein feldspatreicher Sandstein im Thale der Ilm (Kammerberg).

Aus der unter der Tafel übersichtlich geordneten Aufzählung lassen sich leicht die Gesteine bestimmten Einteilungsprincipien unterordnen: Massengesteine (Gneis, Granit, Porphyr u. s. w.), krystallinische Schiefer, Sedimentgesteine. Diese kann man auch in mechanische und chemische Sedimentgesteine teilen. Zu letzteren gehören Gips, Anhydrit, Erze, Kalktuff, Kalksinter, Tropfstein, währenddem die ersteren eingeteilt werden können in konglomeratisch sandige (Grauwacken, Sandsteine) und thonige Gesteine (Thonschiefer, Kieselschiefer, Thon ꝛc.). Diesen Sedimentgesteinen schließen sich an die organischen Gesteine (Korallen, Riffkalk, Kohlen).

Mit Hülfe der in der Mineralogie, Petrographie und in der historischen Geologie gegebenen Beschreibungen wird es so leicht sein, sich zurechtzufinden.

Was die geographische Orientierung anbetrifft, so treten zunächst einige Orte und Gegenden, die also in geologisch-geognostischer Beziehung sehr interessant sind, deutlich hervor. Über einzelne dieser Gegenden sind geognostische Führer vorhanden und größere geologische Karten geben Auskunft, so über Goslar und den Rammelsberg, über Staßfurt mit seinen Steinsalz- und Abraumsalzlagern, während andere weniger bekannt sind, wie Nossen und Böhrigen in Sachsen, Harras in Meiningen, Lehesten in Meiningen, Eppenreuth im Fichtelgebirge, Bayerfeld in der Pfalz, Löbejün bei Halle, Maczeikowitz bei Chorzow in Oberschlesien, Langenberg bei Ocker, Nesselberg, Cotta, Rottwerndorf und Weinböhla im Königreich Sachsen, Deutmannsdorf und Warthau in Schlesien. Dagegen dürften Neustadt am Harz, nordöstlich von

Nordhausen mit der herrlichen Ruine Hohnstein, Mansfeld im Ostharz, im Kupferschiefer (Zechsteingebiet), Sperenberg in der Mark, südlich von Berlin, Ilmenau in Thüringen, Zwickau, Vienenburg nördlich vom Harz, wo sich die Bahnen nach Goslar und Harzburg abzweigen, Rüdersdorf, östlich von Berlin, Cudowa in Schlesien, Freienwalde a. O., Unkel zwischen Andernach und Bonn a. Rh., Niedermendig bei Andernach fast allgemein bekannt sein. Es soll daher nur kurz die Lage jener weniger bekannten Orte charakterisiert werden.

Die Gegend von Nossen an der Freiberger Mulde und Böhrigen zeigt Gneis- und Glimmerschiefer mit Cambrium, die in das Diluvium hineinragen von dem großen Gneisgebiet, das das mittlere Erzgebirge bildet.

Bei Harras, oberhalb Hildburghausen, ist die Werra, abgesehen von dem den Fluß unmittelbar berührenden Gebiete von Muschelkalk im Süden, im Norden von Buntsandstein umsäumt.

Lehesten in Meiningen mit berühmten Schieferbrüchen am Wetzstein, die der Dyas, dem unteren Carbon, angehören, liegt nicht weit von Ludwigstadt, in der Nähe der Bahn Kronach-Saalfeld. Dieses Schiefergebiet bildet einen großen Teil des östlichen Thüringer Waldes und seiner Übergänge zum Frankenwald. Eppenreuth, nördlich von Neustadt im Fichtelgebirge an der Waldnab, liegt ebenfalls im Urgebirge zwischen Granit- und Glimmerschiefer.

Der Bayerfelder Sandstein (Alsenzthal in der Pfalz), der, von grüngrauer Farbe, u. A. für die südliche Eingangshalle des Reichstagsgebäudes zu Berlin verwendet worden ist, gehört der produktiven Steinkohlenformation an. Das Gebiet liegt nordwestlich vom Donnersberg und besteht aus Porphyr, während sonst das Rotliegende, das dem oberen Karbon sehr nahe steht, sich ausgebildet hat. Südlich von diesem Gebiet gehören die Gebirge der Pfalz (Haardt, nördliche Vogesen bis Zabern) dem Buntsandstein zu.

Löbejün liegt nördlich von Halle a. S., einer Stadt, deren Umgebung in hohem Grade in geologischer Beziehung interessant ist — es sei nur erinnert an den Durchbruch der Saale durch den Porphyr bei Giebichenstein und Trotha, an den Kaolin bei letzterem Ort und bei Morl, und an die Salzquellen. Auch bei Löbejün finden sich Porphyrstöcke in reichlicher Menge.

Maczeikowitz bei Chorzow, in der Nähe von Königshütte, liegt in dem oberschlesischen Erz- und Industriegebiete. Neben dem Diluvium tritt Muschelkalk auf, der in plattigem Sohlenkalkstein und darüber befindlichen Dolomitlagen vertreten ist, in dessen unteren Schichten sich Galmei in verschiedenen Varietäten (weißer Galmei, roter Galmei) findet; über demselben liegt Brauneisenstein meist als dichte erdige Masse, auch Bleiglanz findet sich neben den Zinkerzen, die durch Umwandlung des Kalksteines, Calciumkarbonats in Zinkkarbonat (Galmei), entstanden zu sein scheinen. An dieses Erzgebiet: Beuthen, Königshütte, Mislowitz, Zabrcze, schließt sich nördlich das von Tarnowitz mit ähnlichen Bildungen an.

Der Langenberg bei Ocker, am Nordrande des Harzes, enthält einen großen Kalksteinbruch, der zur Neokomformation gehört (auch Hilsformation genannt; Hils: die Berge zwischen Leinethal und Stadtoldendorf). Die Schichten

bilden infolge Überkippung das Liegende der Malmkalke (Jura); in derselben Gegend finden sich auch der Gaultsandstein und der Flammenmergel am Petersberge von Goslar, während die Wealdenformation am Harz nicht vorkommt. Im Nesselberger Sandstein ist die untere Kreide vertreten (Wälderthon, Wealden), er liefert ein sehr geschätztes Baumaterial; der Nesselberg, nordöstlich von Hameln, bildet einen Teil des Deister, des Süntel und der Bückeberge (letztere besonders Wealden); bei Obernkirchen, nördlich von Rinteln, finden sich Steinkohlenflöze.

Cotta und Rottwerndorf, an der Bahn von Pirna nach Berggießhübel, haben, wie Cudowa, Sandsteine (Quadersandstein) aus dem Cenoman, dem mittleren Gliede der Kreide (vergl. die Übersichten S. 249/250 und 260), geliefert. Diese dienen als Baumaterial für viele Städte Norddeutschlands und ihre Plateaugebirge sind durch tief eingeschnittene Erosionsthäler (Gründe in der Sächsischen Schweiz) und durch bizarre und merkwürdige Verwitterungsformen (Bastei in der Sächsischen Schweiz; Heuscheuer, Felsbildungen von Adersbach, Weckelsdorf an das Riesengebirge anschließend, Sandsteinbrüche an der Elbe) ausgezeichnet; aus dem Turon erhebt sich ein Kalkstein (Pläner) auf sehr kleinem Gebiet, während Granite, die neben dem großen Lausitzer Granitgebiet nördlich der Sächsischen Schweiz bis nach Görlitz hinziehen, nach Osten hin die Gegend charakterisieren. Die obere Kreide des Senon hat auch Sandsteine geliefert, die von Deutmannsdorf und Warthau, südöstlich von Bunzlau in Schlesien, der erstere gelblichbraun, der letztere weiß. Das ganze Gebiet pflegt man auch als Bunzlau-Löwenberger Kreidemulde zu bezeichnen. Schließlich mögen noch Burgpreppach und Weißenbrunn hier angeschlossen werden, die auch Sandsteine geliefert haben, die aber dem Keuper, dem obersten Gliede der Trias, angehören und zwar der erstere dem mittleren Keuper, der zweite dem oberen (Rhät) in dem großen Keupergebiete, das die Haßberge, nördlich von Haßfurt a. M., bildet und sich von dort bis Coburg und Königshofen an der fränkischen Saale erstreckt; nördlich wird das Gebiet von Muschelkalk, dann von Buntsandstein, der bis zum Porphyr des Thüringer Waldes sich erstreckt, begrenzt.

So ließen sich an jeden der genannten Orte kleine geologische Skizzen anschließen; in der That erscheinen, wie erwähnt, vielfach solche kleine Bücher [1]), und diese bieten jedem, der sich an den betreffenden Orten aufhält, mannigfache Anregung, geben specielle Aufschlüsse und können ein viel weiteres Interesse für die bestimmte Gegend erregen, als rein touristische Bücher: die Auffassung der Landschaft von physiognomischer (naturwissenschaftlicher) Seite

[1]) Als Beispiele seien angeführt Dr. Ferd. Senft, Geognostische Wanderungen in Deutschland. Ein Handbuch für Naturfreunde und Reisende. (Hiervon sind unter anderen erschienen: Das deutsche Tiefland und die anliegenden Inseln, — die mitteldeutschen Bergländer mit den Basaltgebirgsgruppen, — das Riesengebirge, — das Erzgebirge mit dem Fichtelgebirge, — der Thüringer Wald, — der Harz, — der Schwarzwald und der Odenwald), — oder Dr. R. Beck, Geologischer Wegweiser durch das Dresdener Elbthalgebiet zwischen Meißen und Tetschen, — oder Schulausflüge, Beiträge zur Heimatkunde von Berlin und Umgebung; — auch von Goslar und Umgebung ist ein geologischer Führer vorhanden, ebenso für die Eifel und viele andere Gebiete Deutschlands.

wie auch von ästhetischer (landschaftlicher) bildet einen Hauptteil des Naturgenusses.

Aber noch viel mehr als schon erwähnt, bietet die geologische Wand: die Spalten, Ritzen, Schichtungen und Schieferungen treten deutlich an verschiedenen Stellen hervor, ebenso auch die Erzlager, die Basaltergüsse und Stöcke von Granit, die Kuppen von Porphyr; ganz besonders aber auch die verschiedenen Arten der Lagerung. Die Begriffe des Liegenden und Hangenden, des Fallens der Schichten (S. 150, 184 ff.) sind überall anschaulich gemacht. — Mit diesen Verhältnissen der Einzelformationen sind auch die physiognomisch-orographischen Formen an der Oberfläche dargestellt. Die Hauptbezeichnungen sind in der Tafel an der Oberkante der Wand angegeben (Graben, Horste, Verwerfungen, Aufrichtungen, Falten, Mulden, Sättel). Über diese Verhältnisse mag einiges hinzugefügt werden, während die Ausdrücke zugleich eine kurze Definition erhalten mögen, die durch das entsprechende Beispiel auf der Tafel belegt wird. Die Abbildungen, wie sie S. 149 u. 186 ff. gegeben sind, werden dabei auch gute Dienste thun.

Horizontale Lagerungen (vergl. Feld XIII, 76—84 der Tafel) sind solche, die sich ruhig und ohne Störung haben im Niveau absetzen können. Sehr häufig ist die Absetzung, wie natürlich, in Mulden (flachen Vertiefungen) erfolgt, da diese einem großen, flachen Meeres- oder Seebecken entsprechen (Feld XV, XVII der Tafel, vergl. S. 186, söhlige Schichten, das Liegende, Hangende).

Dislociert sind Ablagerungen, die mehr oder weniger von der horizontalen Lage abweichen; der Winkel, den ihre Richtung mit der Horizontale bildet, bestimmt das „Einfallen“ der Schicht (man unterscheidet z. B. geneigte, aufgerichtete Schichten; senkrecht — wie in Feld IX — kommt die Schichtenaufrichtung nur selten vor).

Schollen sind die einzelnen Bruchstücke der Erde, die durch Senkung und Verschiebung entstanden sind, sie werden durch die einzelnen Felder versinnlicht.

Brüche sind die Ebenen, in denen der Zusammenhang der Gesteine gelöst wurde (dargestellt durch die Spalten bei den Begrenzungen der Felder).

Verwerfungen (vergl. S. 188) sind das Resultat dieser Vorgänge. Die Flächen, an denen dies vor sich ging, nennt man Rutschflächen. Bei der Unterbrechung von Flözen (vergl. Feld VI) und Gängen (S. 149) scheinen die Flöze und Gänge zu verschwinden, man trifft dieselben in einer bestimmten Tiefe wieder (der Höhenunterschied zwischen den betreffenden beiden Teilen ergiebt die Sprunghöhe der Senkung).

Graben heißt die Art der Schichtenverwerfung, bei der durch die Einsenkung (vergl. Feld XIII) eine thalartige Vertiefung entstanden ist. Beispiel: das obere Rheinthal, Basel bis Mainz, das Jordanthal.

Die stehen gebliebenen Ränder heißen Horste; der Zwischenraum ist durch jüngere Schichten ausgefüllt (Vogesen, Schwarzwald, Thüringer Wald sind Horste).

Sind die Spalten ausgefüllt wie bei den Erzgängen, so entsteht durchgreifende Lagerung (wie zwischen den Feldern III und IV; IV und V).

Kuppen mit übergreifender Lagerung treten in Feld XVII, Stöcke in Feld II, Gänge in Feld V hervor.

Sättel sind gewisse umgekehrte Mulden; es hat Aufwölbung nach oben stattgefunden (Sättel und Mulden z. B. im Muschelkalk bei Bad Sulza, Saalethal).

Starke Faltungen finden sich bei den Schiefern des Harzes, rheinischen Schiefergebirges, Frankenwaldes und Thüringer Waldes, wo sie öfters zur Kräuselung und Runzelung wird. Faltung mit Überschiebung zeigt Feld VII, wo angedeutet ist, in welcher Weise die Abrasion und Abspülung, Abtragung an der Erdoberfläche (infolge Einflusses der Meeresbrandung oder ähnlicher Ursachen, deren Erörterung an späterer Stelle folgen wird), wirken kann.

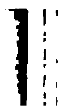
Bei der Schieferung ist die sekundäre, transversale (falsche Schieferung) wohl von der Schichtung zu unterscheiden. Feld VII, 33 zeigt Schieferung, nicht Schichtung, entstanden durch seitlichen Druck oder Pressung. Sind die Schichtungen nach verschiedener Richtung ausgeprägt, so erhält man Kreuzschichtung. Von den Lagerungen sind die gleichförmige und diskordante (Feld VI und IX) und die übergreifende oder transgredierende (Feld IX oben) zu nennen.

Solche übergreifende Lagerung kann z. B. dadurch entstehen, daß das Meer, aus dem sich bestimmte Sedimente absetzten, eine immer größere Ausdehnung fand dadurch, daß der betreffende Boden mit seinen Rändern einer allmählichen Senkung anheimfiel, so daß eine Überflutung eintrat. Es können daher jüngere Schichten viel älteren, so (wie in Feld XVII) Kreide u. s. w. dem Urgebirge, aufliegen.

Nun würden wir zu der Beschreibung der einzelnen Felder vorzuschreiten haben; vieles ergiebt sich indes aus den auf der Tafel unmittelbar darunter stehenden Bezeichnungen, so insbesondere die Herstammung und Zugehörigkeit der Fels- und Gesteinsstücke, vieles aus der Einzeldarstellung der Formationen, wie sie oben von S. 193 an gegeben ist, und so dürfte eine weitere ins Einzelne gehende Erörterung hier wohl entbehrlich erscheinen. Überdies ist die sachgemäße Bezeichnung der Felder der Tafel zugefügt.

Die Felder sind so angeordnet, daß, wenn der Beschauer sich dem Gesamtfelde von rechts her zuwendet, die jüngeren Schichten den älteren von rechts nach links folgen, wenn wir aber mit den jüngeren beginnen, die älteren sich von links nach rechts anschließen.

So unterscheiden sich denn dieser Aufbau und die dazu gehörige Tafel von den gewöhnlich gegebenen Schnitten und Profilen durch die möglichste Anpassung an natürliche Verhältnisse. Der Zweck, eine Übersicht über die geognostischen Verhältnisse Deutschlands zu geben, dürfte dadurch erreicht sein.



6. Benennung der Kalk- und Sandsteine nach der geologischen Formation; Vorkommen des Steinsalzes, der Kohle und der Eisenerze in geologischer Beziehung.

Kalksteine[1]). a) Geognostische Benennungen: Urkalk (Marmor); Silurkalk; Devonkalk; Kohlenkalkstein; Zechsteinkalk; Muschelkalk; Enkrinitenkalk; Jurakalk; Liaskalk; Plattenkalk (Pläner); Grobkalk; Cerithienkalk. Zoogen: Korallenkalk vom Silur bis Alluvium, und Kreide, z. T. Nummulitenkalk; Höhlenkalk (Dolomit, Rauhkalk). — b) Petrographische Benennungen: Körniger Kalkstein; dichter oder gemeiner Kalkstein; dolomitischer Kalk; bituminöser Kalk (Stinkkalk); erdiger Kalk; poröser Kalk; oolithischer Kalk. — c) Nach geographisch-geologischem Vorkommen: Kalk von Alabama, Dinant 2c.; Jurakalk; Alpenkalk; Karpathenkalk.

Sandsteine[2]). Nach den Schichten (geologisch): Grauwackensandstein; Spiriferensandstein; Kohlensandstein; Buntsandstein (Vogesensandst.); Keupersandstein (Mühlensandst.); Lettenkohlensandstein; Plattensandstein; Liassandstein; Quadersandstein (Quader); Grünsandstein; Nummulitensandstein; Braunkohlensandstein; Sandstein von Fontainebleau; Molasse; Sand.

Vorkommen von Steinsalz (Salz). Im Kambrium: Salt range, Ostindien, Pandschab; Stadt Aub. — Dyas: Staßfurt, Halle, Sperenberg. — Trias: Salzlager in England (Nottingham, Derby, Stafford, Cheshire, Northwich); — Salins und Vic in Frankreich; Friedrichshall, Schwäbisch Hall (Muschelkalk). — Tertiär: Salzberg von Cordona (Katalonien); — Salzlager an den Karpathen: Wieliczka, Bochnia, Marmaros, Kalusz. — Diluvium (Alluvium): Steppensalz (Kirgisensteppe), Wüstensalz, Seesalz. — Salzthon im Zechstein, Muschelkalk, Keuper und Tertiär.

Kohlen. Graphit im Urgebirge. — Anthracit im Silur und Devon. — Steinkohle im Karbon (aus Kryptogamen). — Jüngere Steinkohle aus Cykadeen und Koniferen; Lettenkohle im Keuper, Liaskohle, Wealdenkohle (Deisterkohle). — Tertiär: Braunkohle, Lignit (aus Koniferen, Palmen, Laubhölzern). — Diluvium (Alluvium): Fossiles Holz, Torf.

Kohlenflöze finden sich im Silur, Devon, Karbon, Rotliegenden, Keuper, Lias, Dogger, Wealden. — Kohlenbecken in Großbritannien, Belgien, Aachen, Westfalen, Zwickau, Oberschlesien, Brünn, Frankreich, Nordamerika, China. — Braunkohle im Oligocän, Miocän, Interglacial.

Eisenerze. Die beigefügte Karte[3]) (Tafel II, s. bei folg. S.) giebt einen Überblick über das Vorkommen der zur Ausbeutung kommenden Eisenerze; auf derselben Karte lassen sich auch leicht die Formationen, in denen das Steinsalz und die Kohlen vorkommen, herausfinden. Eine Eintragung dieser Vorkommnisse ist einmal der Kleinheit der Verhältnisse wegen nicht gut thunlich,

---

[1]) Für Kalkstein wird oft abgekürzt Kalk gesagt ($CaCO_3$, vergl. Mineralogie S. 98; Kalk chemisch CaO, vergl. Chemie S. 230 u. 244).

[2]) Ähnliche Zusammenstellungen lassen sich auch in Beziehung auf Thone und Thonschiefer, auf Mergel u. s. w. anwenden.

[3]) Nach Wedding, Handbuch der Eisenhüttenkunde, Bd. II; Verlag von Friedr. Vieweg u. Sohn in Braunschweig.

dann aber auch deshalb nicht erforderlich, weil in der Übersicht der Formationen und bei der mineralogischen Beschreibung der Kohlen und des Steinsalzes ausreichende Anhaltspunkte gegeben sind. Für Deutschland selbst treten die Verhältnisse auf der geologischen Übersichtskarte von Dechen und v. Lepsius (Atlas) deutlich hervor und können dort näher verfolgt werden, ebenso auf der kleinen unter Abschnitt E beigegebenen geologischen Karte von Mitteleuropa (Taf. III bei S. 284).

Die Karte Taf. II zeigt zunächst die große Ausbreitung der archäischen Formation in Nordamerika (Hudsonsbaigebiet) und in Nordeuropa; das gewaltige Gebiet von Ostrußland wird von den Sekundärformationen beherrscht, während in den Vereinigten Staaten südlich von den canadischen Seen die paläozoischen Formationen hervortreten. Die punktirten Gebiete bedeuten Wüstenland, die weiß gelassenen unerforschte oder mit Eis bedeckte Länderstrecken. Die Pfeile geben die Hindeutung auf die Produktion an Eisenerzen. Die quartären Gebiete treten in Norddeutschland, nördlich vom kaspischen Meer und in Asien hervor. Es dürfte nicht schwer sein, nach den unter Abschnitt E, 1 gegebenen Regeln auch diese Karte zu lesen.

Die Eisenerze finden sich im Gneis (oft in Fahlbändern), Urschiefer, Silur, Devon, Karbon und in der Dyas, im Rotliegenden, Zechstein, Muschelkalk, Lias (oolithisch), Dogger, in der Kreide, im Eocän und Oligocän. — Eisenerze als Gesteine sind Spateisenstein, Kohleneisenstein, Thoneisenstein, Magneteisenstein, Roteisenstein, Eisenoolith, Brauneisenstein, Raseneisenstein, Bohnerze.

Der Schwefelkies, der sich außerordentlich häufig für sich und mit anderen Erzen gemengt findet, dient hauptsächlich zur Darstellung der schwefligen Säure bei der Schwefelsäurefabrikation (Sulfatöfen, Chemie S. 216), und nicht zur Gewinnung des Eisens (vergl. auch Mineralogie S. 79).

E. Geologische Karten und Skizzen.

Wenngleich beim Unterricht die Geologie in vielen Schulen fast gar nicht berücksichtigt wird, lassen doch die Lehrpläne und -Pensen vielfach ein Eingehen auf geologische Thatsachen zu. Vor allem ist es die Geographie, von welcher immer mehr verlangt wird, daß die geologischen und geognostischen Verhältnisse der einzelnen Länder in großen Umrissen berücksichtigt werden sollen, und so ist es gekommen, daß in vielen Schulatlanten sich geologische Karten vorfinden, nicht nur bei uns[1]), sondern auch vor allem in England und Nordamerika: wird doch hier vielfach von den 12- bis 15jährigen Schülern Bekanntschaft mit dem geognostischen Aufbau der Heimat verlangt, was, soll das Ganze nicht ein Einlernen von Worten bleiben, nur möglich ist, wenn

[1]) Sydow-Wagners methodischer Schulatlas (Karte Nr. 14. Bodenkarte von Mitteleuropa); — Debes, Kirchhoff und Kropatschek, Schulatlas für die Oberklassen höherer Lehranstalten (Karte Nr. 48. Mitteleuropa: geologische Übersicht); — Lehmann und Petzold, Atlas für Mittel- und Oberklassen höherer Lehranstalten (Karte Nr. 35. Mitteleuropa: geologische Übersicht) u. s. f.

die allgemeine Grundlage für Geognosie und Geologie gegeben wird. Diesem Zweck mögen nun auch die im Folgenden eingefügten Karten und Skizzen dienen.

1. Geologische Übersichtskarte von Mitteleuropa.

In dem Vorhergehenden ist versucht worden, einen Überblick über den Aufbau der Erde in großen Zügen für Mitteleuropa und speciell für Deutschland zu geben, wobei aber vielfach auch andere Länder und fremde Erdteile in Beispielen herangezogen werden mußten. Die hier beigegebene geognostische (geologische) Übersichtskarte von Mitteleuropa (Taf. III, bei S. 284) soll die Verhältnisse des Aufbaues der betreffenden Länder in großen Zügen vorführen, Einzelheiten konnten selbstverständlich bei dem kleinen Maßstabe, der geboten war, nicht zur Ausführung kommen.

Hauptzweck der Karte ist, auch in das Lesen der geologischen Karten einzuführen. Bei dem Lesen geologischer Karten richtet sich naturgemäß die Erkenntnis der Einzelheiten nach der Größe des Maßstabes.

Hat man Karten, wie die Sektionen der geologischen Specialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten, denen ein Längenmaßstab 1:25 000 und ein Böschungsmaßstab für die Horizontalen bis 2,5 Ruthen = 25 Decimalfuß Höhen-Abstand zu Grunde liegt, so kann man jedes Haus, jede Mühle auffinden, die kleinsten Flußläufe verfolgen und gleichzeitig den geologischen Aufbau aufs genauste kennen lernen. Es ist ein hoher Genuß, mit einer solchen Karte die eigene Heimat zu durchwandern und die längst bekannten Gesteine nun in geognostischer Beziehung sich gruppieren zu sehen, während man sie früher kaum beachtete; manche Eigentümlichkeiten, die früher nur die Neugier erregten (eigentümliche Felsbildungen, Höhlen, Schotterbildungen und Anschwemmungen), lassen sich leicht als durch bestimmte Formationen und bestimmte Verhältnisse des Bodens bedingt erkennen. So bieten die schon erschienenen Karten vom Harz und Thüringen, welche zwar noch nicht ganz vollständig alle Gebiete wiedergeben, eine Fülle von Material, um Heimatkunde und Liebe zur Heimat zu fördern, und schnell sollte ein Werk vollendet werden, das so recht geeignet ist, das geognostische Verständnis unseres Vaterlandes zu fördern und die Grundlage für selbstthätiges Studium desselben zu bilden. Sind doch diese Karten die besten Begleiter für alle Reisen, bei denen der Naturgenuß, gegründet auf Wissen und Anschauen, der Zweck ist!

Leicht wird man mit solcher Karte in jeder Gegend sich zurecht finden, Weg und Steg kennen und dem geistigen Auge ein Bild von der Beschaffenheit der Gegend, dem Gestein nach, und das Relief des Bodens vorführen, so daß der Wanderer bald in der ihm bis dahin fremden Gegend sich heimisch fühlt. Freilich ist es nötig, daß er die Grundlagen der Petrographie und Geognosie, wenn auch in geringem Umfange, kennen muß. Diese werden dann aber gestützt und gefördert durch die jeder dieser Karten beigefügte Erläuterung der Farben, ebenso wie durch den Text, der den Aufbau der Gegend zusammenhängend schildert.

Bei dem Lesen dieser Karten wird man topographisch vorgehen; wo uns jeder Ort, jeder Bach, jeder Hügel bekannt ist, werden wir zuerst zu der

Frage getrieben, woraus besteht der Boden, zu welchem Glied des Erdaufbaues gehört die Örtlichkeit?

Anders bei Karten, die einen allgemeinen Überblick geben: freilich werden wir auch hier nach dem Gebirge, dem Gebiete, welches wir kennen lernen wollen, suchen können, aber leichter wird uns der Überblick, wenn wir eine Formation von Land zu Land verfolgen; verschwinden doch hier die topographischen Einzelkenntnisse für bei weitem die meisten Menschen ganz, sind sie doch selbst, wie man sich leicht überzeugen kann, für das Vaterland wenig vorhanden, — wie oft verwechseln die Reisenden, welche die bekannte Fahrt Berlin Frankfurt a. M. zurücklegen, die Gegenden und Gebirge (Harz, Eichsfeld, Meißner, Rhön, Vogelsgebirge, Spessart) ihres Vaterlands.

Die beigefügte Karte von Mitteleuropa kann keine Specialkenntnisse geben, aber wir können daraus in großen Zügen den geognostischen Aufbau unseres deutschen Vaterlandes erkennen, wenn wir die Darstellung der einzelnen Formationen (S. 196 ff., 245 ff.) und die Farbenerklärung der Karte zu Hülfe nehmen. Da diese Farben sich möglichst den Farben der „Geologischen Karte des Deutschen Reiches“ von Lepsius [1]) anschließen, wird man durch die hier beigegebene Karte vorbereitend in das Lesen des genannten größeren Kartenwerkes eingeführt.

Hier mag zunächst, soweit es die Übersichtskarte gestattet, ein Beispiel für das Lesen nach Formationen gegeben werden, dann aber unter Berücksichtigung beider Wege ein geologischer Überblick über unser Vaterland folgen, der in einzelnen Teilen einen weiteren Ausbau in dem nächsten Abschnitte „Dynamische Geologie“ erhalten wird.

Ein gewaltiges Gebiet umfassen in Deutschland die azoischen Formationen und Bildungen (vergl. S. 198, 255), wie ein Blick auf die matt hellrot bezeichneten Länderstrecken lehrt. So wird von ihnen das böhmische Becken in den Sudeten, dem Riesengebirge, Erzgebirge, bayrisch-böhmischen Wald und dem mährischen Hügelland umgeben; sie bilden ferner den Hauptkern des Alpengebirges und begleiten zu beiden Seiten den oberen Lauf des Rheins; im Schwarzwald, Odenwald und in den Vogesen, im Harz, in der Hohen Venn finden wir kleinere Gebiete. Granit, Glimmerschiefer, Gneis, Syenit sind die Hauptgesteine, die in mächtigen aufgerichteten Massen z. T. die höchsten Gipfel der Alpen bilden, das deutsche Gebiet aber kaum streifen, da sie nicht den Inn überschreiten.

Leicht lassen sich die paläozoischen, primären Formationen (Silur, Devon gelbrot; vergl. S. 201, 257) verfolgen; hier treten das rheinische Schiefergebirge, Hunsrück, Taunus, östlicher Thüringer- und Frankenwald, Harz und der böhmische Mittelkessel besonders hervor.

Unmittelbar schließt die Dyas (Carbon und Perm braun und schwarz; vergl. S. 202, 205, 257) an; sie ist am Hunsrück, im Ruhrgebiet, am Erzgebirge, Riesengebirge, mährischen Gesenke mit den bekannten Steinkohlen-

[1]) Auf Grund der unter Dr. C. Vogels Redaktion in J. Perthes geographischer Anstalt in Gotha ausgeführten Karte in 27 Blättern (1:500 000) bearbeitet.

bearbeitet.

feldern (Saarbrücken, Ruhrbecken, dem sächsischen Kohlenbecken bei Zwickau, in Böhmen und bei Waldenburg) verbreitet. Das Vorkommen der Eruptivgesteine (Porphyr, Basalt, Trachyt), wie es oben (S. 220 ff.) geschildert ist, läßt sich leicht (dunkelrot) auf dem ganzen Gebiete erkennen. Die Eruptivgesteine durchsetzen, wie gesagt wurde, von West nach Ost ganz Mitteldeutschland.

In der Eifel finden wir zahlreiche Basaltkuppen (bei Hillesheim), der Westerwald und das benachbarte Gebiet sind förmlich übersät damit, deutlich tritt das große Gebiet des Vogelsgebirges (Oberhessen) hervor, Rhön und Thüringer Wald (Porphyr), nördliches Böhmen (westlich von Karlsbad und böhmisches Mittelgebirge) treten besonders hervor; die Kuppen der Lausitz, der Sächsischen Schweiz (der Winterberg) und der Zobten (Diabas, Diorit), südlich Breslau, gehören ebenfalls diesen Gebilden an. Noch größere Ausdehnung haben dieselben in Ungarn (Schemnitz, Kremnitz), wo die mannigfaltigsten Gesteine (Pechstein, Perlstein) diesen Formationen angehören.

Die Trias (violettrot; vergl. S. 206, 259) hat ihre Hauptausbildung in Westdeutschland gefunden. Neckar, Main, Wesergebiet und die Pfalz mit Lothringen sind fast ganz durch dieselbe eingenommen, während die Juraformation (blau; vergl. S. 209, 259) mit Trias (nicht getrennt) in breiten Streifen den nördlichen Rand der Alpen bildet (bayrische Kalkalpen), anderseits aber im Schweizer, Schwäbischen und Fränkischen Jura die Hauptformation der großen Gebirgsgebiete jener Gegenden zeigt; auch im Anschluß an die Trias westlich im Maas- und oberen Marnegebiet, sowie in den Wesergebirgen ist die Juraformation zu hervorragender Ausbildung gekommen.

Die Kreidebildungen (olivengrün; vergl. S. 211, 261) sind in Deutschland nur in wenigen zusammenhängenden größeren Gebieten vorhanden, denn die Zone in Süddeutschland wie in dem Lippegebiet und dem Gebiete nördlich vom Harz ist wenig ausgedehnt, während in Ungarn und in Frankreich und England weite Länderstrecken von derselben eingenommen werden

Die weitesten Gebiete umfassen die känozoischen Formationen (S. 212, 261). Die ganze norddeutsche Tiefebene ist vom Diluvium (hierzu gehörig die Bildungen der Eiszeit[1]) und Alluvium bedeckt; nur an einzelnen Stellen, topographisch leicht mit einem gewöhnlichen Atlas zu verfolgen, treten Tertiärbildungen (gelb) (Samland) hervor und noch seltener Kreide-, Jura- oder Triasbildungen, so bei Lüneburg neben dem Tertiär Trias und sogar Zechstein (Perm). Die Kreidebildungen von Rügen u. s. w. gehören meist dem Senon an. In der Farbengebung konnten die überdies nicht zusammenhängenden Vorkommnisse nicht getrennt werden (wegen Kleinheit des Maßstabes), es sollte eben nur das Vorkommen älterer Formationen, namentlich des Tertiärs, in dem weiten Gebiete markiert werden.

---

[1]) Auf den Verlauf der Südgrenze der Eiszeitbildung (die punktierte Linie giebt dieselben) mag hier hingewiesen werden; die Bildungen entstanden in der Diluvialepoche.

Deutlich treten auch die Braunkohlenfelder im nördlichen Böhmen (Dux) hervor, auch in der Provinz Sachsen (Nachterstedt, Frohse und Halle), Provinz Brandenburg, bei Frankfurt a. d. Oder sind sie sichtbar markiert, ebenso wie die im Westerwald, Meißner und Vogelsberg. Ohne eigentliche Gebirge zeigen sich an einzelnen Orten doch Bildungen früherer Formationen, vor allem des Eocäns und Miocäns mit einzelnen Braunkohlenfeldern.

Ein ganz anderes Bild giebt uns freilich eine speciellere Karte wie die in dem Lepsiusschen Atlas oder eine solche in noch größerem Maßstabe, wie die geologische Karte des Harzes von Lossen.

Hier eine Schilderung nach topographisch-geognostischen Gesichtspunkten zu geben, würde einmal den Umfang des Werkes bedeutend vergrößern und doch ohne Beschaffung der speciellen Karten nicht anschaulich genug sein. Die meisten Atlanten geben für diesen Zweck nicht einmal eine ausreichende topographische Unterlage, denn oft sind die hervortretendsten Ausbildungen der einzelnen Formationen nicht in der Nähe größerer Orte gelegen. Für den Zweck des Buches, die Unterlage für unser heutiges geognostisches Wissen zu geben, werden die Angaben, welche bei den Einzelformationen gemacht sind, zusammen mit der Vergleichung der geologischen Karte und der Erörterung der geologischen Wand im Humboldthain ausreichen, auch können die Schilderungen und Angaben leicht zu einem Gesamtbilde zusammengesetzt werden. Ein Werk, die Physiognomik Deutschlands, welches die unorganische Natur unseres Vaterlandes nach allen Seiten topographisch, physikalisch, geognostisch und geologisch schildert in ihrem augenblicklichen Zustande, würde den jetzt durch die Thätigkeit der Menschen entstehenden (anthropogenen) Umbildungen gegenüber, die die Physiognomik unseres Vaterlandes schnell verändern, von weittragendster Bedeutung sein, ein Werk, das nicht nur einen allgemeinen Überblick, sondern eine in das Einzelnste gehende Darstellung der gesamten unorganischen Natur mit Beziehung auf die Bedingungen für die organische Lebewelt geben müßte.

2. Einzelkarten und Skizzen.

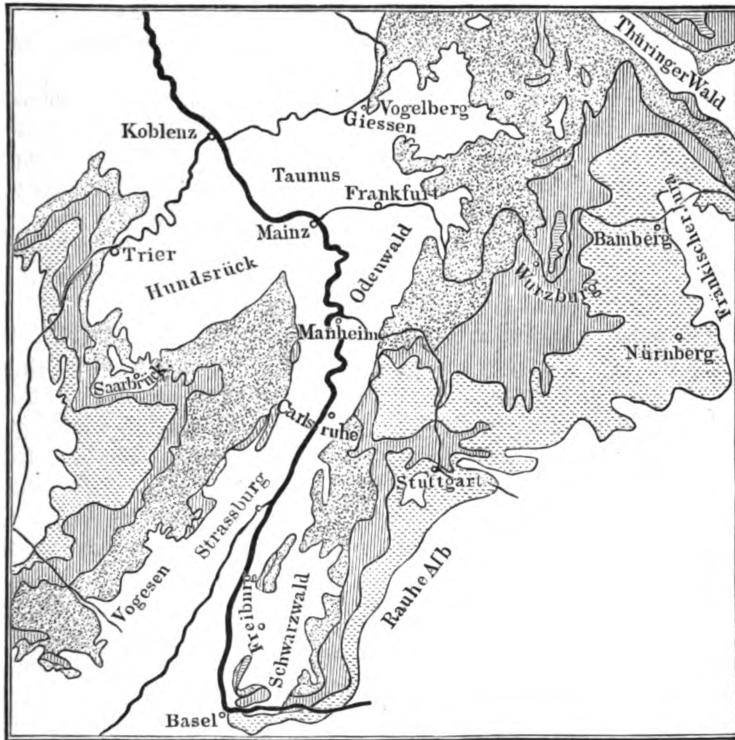
Zur weiteren Ergänzung der vorstehenden geologischen Karte von Mitteleuropa mögen noch einige Kartenskizzen einzelner oft erwähnter Gegenden, die in geognostischer Beziehung besonders ausgezeichnet sind, folgen, wie auch schon in der früheren Darstellung einige Kartenskizzen, ausgeführt in Schwarzdruck, begleitet von Erklärungen der Bezeichnungen, hinzugefügt sind, so die Karte des rheinischen Schiefergebirges (vgl. S. 200, sowie Tl. I, S. 373) und die Karte des Pariser Tertiärbeckens (S. 273).

Triasformation. Der letztgenannten Karte schließt sich an die nachfolgende Skizze (Fig. 187) der triassischen Gebilde des Oberrheins, die den Horsten des Schwarzwaldes und der Vogesen angelagert sind und das Mainzer Tertiärbecken und die Oberrheinische Senke umschließen.

Man erkennt hier besonders die große Ausbreitung des bunten Sandsteines, der einen großen Teil der südwestdeutschen Mittelgebirge bildet. Der Spessart und der östliche Odenwald bestehen fast ganz aus dieser Formation,

der Vogelberg ist fast ganz von derselben umgeben, und bis zum Thüringer Wald, am ganzen südwestlichen Abhange ist sie zu bedeutender Ausdehnung gekommen; die mittleren und nördlichen Vogesen und die Haardt von Zabern bis Kaiserslautern bilden das linksrheinische große Entwickelungsgebiet des bunten Sandsteines. Derselbe ist meist feinkörnig und besitzt ein eisenhaltiges, thoniges Bindemittel, so daß das ganze Gestein eine rothe Färbung erhält.

Fig. 187.



Trias zu beiden Seiten des Oberrheins.

Zeichenerklärung:

Bunter Sandstein. Muschelkalk. Keuper.

Die meisten dieser roten Sandsteine eignen sich vorzüglich als Baumaterial und ein großer Teil der Bauwerke und Dome von Mainz bis Freiburg i. B. ist aus diesem Material hergestellt, das, leicht an der Farbe kenntlich, sich architektonisch so vorzüglich verwerten läßt; das Heidelberger Schloß ist der bekannteste Profanbau, die herrlichen Ruinen von roter Farbe in dem frischen Grün der Waldungen bilden einen unvergleichlichen Anziehungspunkt für die Reisenden aller Völker.

Aus den geologischen Verhältnissen der genannten Gegenden kann man schließen, daß ihr Boden, also das Gebiet zwischen Odenwald, Fichtelgebirge, Thüringer Wald bis zum Harz, aus Buntsandstein besteht, der von jüngeren Schichten zum Teil überlagert ist, und vielfachen Basaltdurchbrüchen (als Hauptdurchbruch ist der Vogelsberg anzusehen) ausgesetzt war.

Der Buntsandstein ist arm an Erzen, die bisweilen jedoch eine eigentümliche Ausbildung gefunden haben, wie die Knollerze bei Kommern in Rheinpreußen, wo große Körner von Bleiglanz das Gestein durchsetzen; auch an Versteinerungen ist diese Formation sehr arm; er scheint eine an der Küste entstandene (fluviomarine), der sich anschließende Muschelkalk eine ausschließlich marine Bildung zu sein.

Landschaftlich wirken diese Sandsteine namentlich da, wo Zerreißungen und Verwitterungen stattgefunden haben und Felsthäler mit steil abfallenden Wänden entstanden sind, die immerhin einen anderen Charakter tragen als die ähnlichen, der Kreideformation, dem Turon angehörigen Bildungen des Quadersandsteines (Elbsandsteingebirge, Heuscheuer in Schlesien).

Der **Muschelkalk**, dessen Ausbreitung durch die senkrecht schraffierten Teile der vorstehenden Karte angegeben ist, zeigt uns bei Friedrichshall, Wimpfen, bis zur Werra die größte Ausbildung in Deutschland. Ein großer Teil von Franken und Hessen besteht aus Muschelkalk; der Lauf der Kocher, Jagst, Tauber liegt fast ganz in diesem Gebiete. In ihm ist Gips, Anhydrit, Steinsalz vielfach zur Ausbildung gekommen: Wellenkalk, Anhydritgruppen mit Salzgestein und Hauptmuschelkalk wurden als Einzelglieder unterschieden. — Ein anderes Gebiet schließt sich in Lothringen dem Buntsandstein an. Außerordentlich reich ist der Muschelkalk an Salz (vergl. Vorkommen der Steinsalzlager, S. 152, 281 und auch S. 95) und auch an Erzen wie in Oberschlesien (Galmei, Bleiglanz). Schon der Name sagt, daß der eigentliche Muschelkalk reich an Konchylien ist.

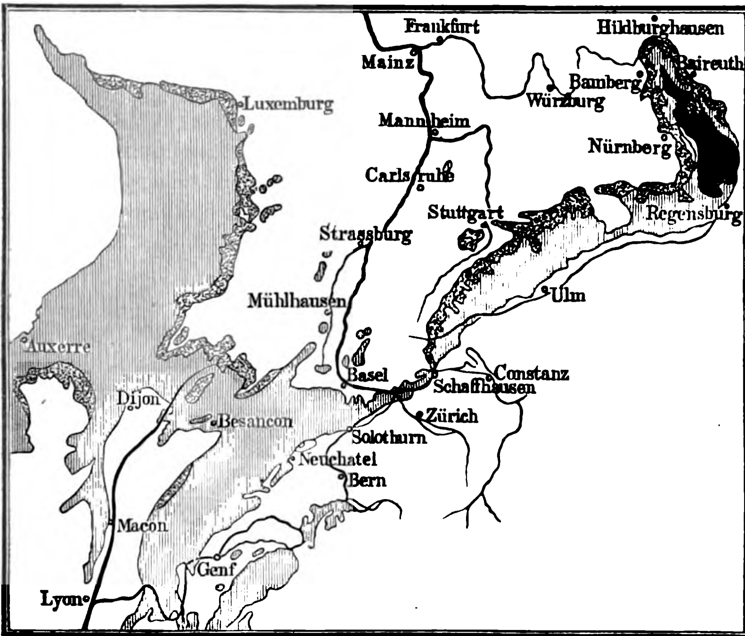
Schließlich zeigt die Karte noch die Ausbildung des jüngsten Gliedes der Trias, des **Keupers**, der in die Schichten der Lettenkohle, der Mergel- und Sandsteingruppe geteilt werden kann. Mergel, Sandsteine und Gipse sind die Hauptgesteine. Dem Keuper gehört das württembergische Hügelland an, Rothenburg, Nürnberg, Koburg markieren das immer breiter werdende Gebiet, das sich im Südosten an die Rauhe Alb und dann im Osten an den fränkischen Jura anlehnt; auch im Westen begleitet Keuper den Muschelkalk: Luxemburg, Dieuze, Luneville, Vesoul. Der Keuper bildet meist niedriges Hügelland oder Ebenen, in welchen die Flüsse Thäler erodiert haben. Der Keuperboden ist fruchtbar und die Gebiete sind wasserreicher als die des Muschelkalkes.

Juraformation. Die nachfolgende Skizze der **Juraformation** (Fig. 188) ist gewissermaßen nur eine Vergrößerung der Hauptkarte und giebt mit der Karte der Trias vom Oberrhein ein abschließendes Bild des ganzen Gebietes. Die geographische Verbreitung ergiebt sich leicht aus Vergleichung mit den entsprechenden Karten eines gewöhnlichen Handatlas, der weitere geologische Aufbau aus der S. 284 beigegebenen farbigen Karte von Mitteleuropa. Außer-

dem zeigt die Skizze, wie sich der Lias, der orographisch zum schwarzen Jura gehört, in Württemberg und Bayern sowohl, wie in Lothringen dem Keuper anschließt, der Jurakalk die Hauptmasse der Formation bildet und die Dolomiten in hervorragender Weise im nordöstlichen Teile des Gebietes (fränkische Schweiz) zur Ausbildung gekommen sind.

Der schwarze Jura mit dem Lias bildet ein hügeliges Gelände, das sich vor dem Juragebirge ausbreitet. Die Flußthäler sind oft so tief eingeschnitten, daß der darunter liegende Keuper hervortritt. Die schwäbischen Städte

Fig. 188.



Ausbreitung der jurassischen Gebilde im südlichen Deutschland, in der Schweiz und dem nordwestlichen Frankreich.

Zeichenerklärung:


Lias


Dolomit


Jurakalk

Balingen, Hechingen, Reutlingen, Stuttgart, aber auch in Franken Bamberg und Baireuth, liegen nahe oder in dem Gebiete des Lias. Der braune Jura, der übrigens nicht scharf zu trennen ist, oolithisches Gestein enthaltend, und der weiße Jura, zu dem auch der Malm gehört, bilden die Hauptmasse der Juragebirge in der Schweiz; lange sich hinstreckende Rücken zeigen schon auf den Karten den Charakter des französischen und schweizerischen Jura. In den Längsthälern ziehen sich die Wasserläufe hin, die an einzelnen Stellen, z. B. im Doubslauf (Mont Terrible), Münsterthal

(Val Moutier) bei Delsberg mit Benutzung von Querspalten die Ketten durchbrochen haben; bekannt sind die Durchbrüche des Rheins bei Schaffhausen und Lauffen, und die Bildungen bei Baden bei Zürich, alles Punkte hoher landschaftlicher Schönheit.

In der Alb (schwäbischen Alb) zeigt der Jura ein Plateau, wasserarm, öde, ohne Kulturfähigkeit nach der Donau allmählich sich senkend, während die nach Norden gerichteten Abhänge die schönsten Partien darbieten. Nördlich der Donau in Bayern finden sich die lithographischen Schiefer (Solenhofen), die für den Steindruck unentbehrlich sind. Dieser schieferige Kalkstein ist sehr gleichmäßig feinkörnig, ohne Adern und größere spatige Absonderungen, und hat sich wahrscheinlich in einer ruhigen Bucht abgesetzt, wo auch die Organismen, die sich häufig in dem Schiefer finden, von dem Kalkschlamm gleichmäßig umgeben werden konnten.

Der fränkische Jura schließt die fränkische Schweiz ein, ein plateauartiges Gebirgsland, in das die Thäler tief eingeschnitten sind. Der dolomitische Kalkstein bietet die bizarrsten und merkwürdigsten Formen und enthält viele Höhlen (Gailenreuther Höhle), die als Knochenhöhlen bekannt geworden sind (vergl. Anhang „Höhlen“).

Steinkohlenbecken. Die farbige geologische Karte (Taf. III, S. 284) zeigt sofort die Hauptgebiete der Steinkohle in Deutschland: das Saar- und Ruhrbecken, die sächsischen Vorkommnisse (Chemnitz, Zwickau), das Waldenburger und oberschlesische Gebiet; ein Vergleich mit den übrigen Verhältnissen der betreffenden Gegenden läßt sofort die Wichtigkeit für die Entwickelung der Industrie erkennen, die dort ein Hauptmaterial, die Kohle, ohne weiten Transport beziehen kann; wenn gleichzeitig Erze sich in der Nähe finden, so kann, wie dies bei einigen dieser Gebiete der Fall ist, die Industrie, die auf die Metalle angewiesen ist, eine großartige, alles andere zurückdrängende Ausdehnung erhalten. Ähnliche Verhältnisse finden sich auch in England und Belgien, wo Kohle und Erze die Industrieentwickelung der einzelnen Gegenden bedingt haben, der Handel aber sich in Verbindung mit der Industrie in vorteilhaftester Weise entwickeln konnte, da leicht zugängliche Häfen die Ausfuhr gestatten.

Hier möge (Fig. 189) die Kartenskizze des pfälzischen oder Saarbrücker Kohlenbeckens mit einigen Bemerkungen folgen, indem zugleich auf die Schilderung der Karbonzeit und Karbonlandschaft (vergl. S. 202 ff, 269 ff) verwiesen wird.

Das eigentliche produktive Steinkohlengebirge (3, weiß, Fig. 189) besteht aus Konglomeraten, Thonschiefern und Sandsteinen, unmittelbar im Norden schließt sich das flözleere Steinkohlengebirge (4) an, hauptsächlich aus Sandstein bestehend; der Melaphyr (1) und Porphyr (2) haben nördlich vom Becken die Schichten der Dyas (5) vielfach unterbrochen; im Süden und Westen begrenzt der bunte Sandstein (7) der Trias das Gebiet. Das Steinkohlengebirge hat eine Mächtigkeit von ca. 3000 m, die einzelnen zwischenliegenden Flöze von Steinkohlen sind etwa mit 100 m Mächtigkeit schon bei 36 bis 40 cm Stärke abbauwürdig. Man unterscheidet einen liegenden (von

Neukirch bis Dudweiler 1,5 Meilen lang streichenden) und einen hangenden Zug (vergl. S. 186). Der erstere liefert eine fettere Kohle als der hangende Zug. Dort findet sich auch der brennende Berg von Dudweiler, eine Stelle, in deren Innerem sich die Kohle entzündet hat und weiter brennt; auch bei

Fig. 189.



Das pfälzische Steinkohlenbecken.

Zeichenerklärung:

M. Merzig. S. Saarbrück und St. Johann. Dazwischen am Laufe der Saar nördlich Rehlingen, südlich Saarlouis. Ott. Ottweiler. W. St. Wendel. L. Leebach. B. Birkenfeld. Ob. Oberstein — beide an der Nahe. Mh. Meisenheim am Ufer der Glan.

Zwickau ist ein brennendes Flöz vorhanden. Der Boden der Umgebung wird dadurch merklich erwärmt und die Wärme an einzelnen Stellen ausgenutzt.

3. Profile.

Noch weiter wird der Aufbau unserer Erdrinde anschaulich gemacht durch „Profile“, — Querschnitte, welche entweder den idealen Durchschnitt der Erdrinde zeigen oder für eine bestimmte Gegend die wirkliche Aufeinanderfolge der Schichten erkennen lassen. Besonders häufig stellt man Gebirgsprofile zusammen, die naturgemäß sehr überhöht sind und meist auch nicht die Ausdehnung der Schichten in genau der Wirklichkeit entsprechender Größe zeigen. Der Verlauf der Schichten nach dem Innern der Erde zu ist meist unbekannt.

Von den idealen Durchschnitten der festen Erdrinde mag eine gleichfalls dem schon genannten Wedding'schen Werke entnommene Tafel folgen.

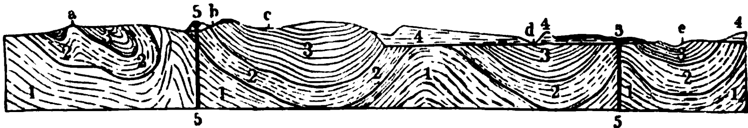
Das ideale Profil (Taf. IV bei S. 292) ist an sich durch die beigefügten Namen verständlich; es ist dabei angenommen, daß die tiefsten Schichten der Erde aus einem Magma, einer feurig-flüssigen zähen Lava bestehen, jüngste Eruptivgesteine, während die jüngeren, Basalt und Trachyt, und die älteren, Syenit und die Granite früher eine ähnliche Rolle spielten. Granit und die Urschiefer (Gneis, Glimmer, Chlorit, Hornblendeschiefer, metamorphische Schiefer)

stellen die ältesten Schichten, vielleicht die ursprüngliche Erstarrungsrinde der Erde dar.

Von den Profilen der zweiten Gruppe mögen ebenfalls einige Beispiele [1]) gegeben werden.

Das devonische System der Eifel. Die Eifel gehört zu den ältesten Bildungen Deutschlands. Das Hauptplateau besteht aus Devon; das Profil

Fig. 190.



Durchschnitt von Blankenheimersdorf nach Gerolstein.

1 Ältere Grauwacke (obersilurisches System). 2 Jüngere Grauwacke (Spiriferensandstein). 3 Eifeler Kalkstein. 4 Bunter Sandstein. 5 Basalt.
a Blankenheimersdorf. *b* Stromberg. *c* Altendorf. *d* Bolsdorf. *e* Gerolstein.

(Fig. 190) zeigt die muldenartigen Vertiefungen und die dieselben ausfüllenden späteren Ablagerungen. Die Eifel war zugleich der Schauplatz der jüngsten vulkanischen Eruptionen in Deutschland. Kohlensäureausströmungen und Mineralquellen sind als letzte Spuren jener Thätigkeit anzusehen. Der Bau der Eifeler Vulkane (Mosenberg), welche das Studium aller vulkanischen Produkte (Laven, Lapilli 2c.) gestatten, und die Maare machen das Gebirge zu einem der interessantesten unseres Vaterlandes. Die Basaltdurchbrüche haben an vielen Stellen stattgefunden, sie bilden z. B. die höchsten Kuppen des Gebirges (Hohe Acht 760,1 m).

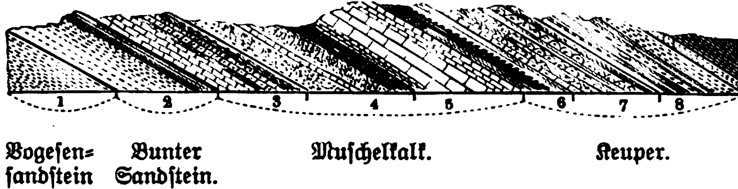
Eine landschaftliche Darstellung aus der Gegend von Gerolstein (*e*), die auch im vorstehenden Profil (Fig. 190) berücksichtigt ist, findet sich (bei S. 295) in der Einleitung zur dynamischen Geologie, in der die jetzt stattfindenden Umänderungen der festen Erdrinde erörtert werden. Die dort beigefügte Vignette „Feuer“ stellt die Papenkaule bei Gerolstein dar und eine kurze Beschreibung gewährt einen Einblick in die Verhältnisse der Eifel.

Schichtenfolge der Trias in Württemberg. Das nebenstehende Profil (Fig. 191) bildet gewissermaßen die Ergänzung zu den beiden Skizzen der geologischen Verhältnisse von Südwestdeutschland, hauptsächlich von Karte Fig. 187, während von Karte Fig. 188 nur der Lias berücksichtigt ist. Der Vogesenkalkstein wurde früher zur Dyas gerechnet; er gehört zum ältesten Buntsandstein und bildet dessen unterste Schichten. Der Sandstein ist grobkörnig, kieselig, enthält öfters Stücke von Gneis, auch Brauneisenstein (Tigersandstein). Man kann annehmen, daß er durch stark strömende Gewässer abgesetzt wurde und daß dann eine Hebung stattfand. In ihm fanden sich Reste von Labyrinthodonten (Wickelzähnern), die wohl den sonst dem Buntsandstein angehörenden Amphibien zuzuzählen sind. Einer weiteren Erklärung bedarf das Profil nicht.

[1]) Nach Vogt's Lehrbuch der Geologie (Verlag von Friedr. Vieweg u. Sohn in Braunschweig).

Das umstehende Profil der Trias (Fig. 192) ist gewählt, um das Verhalten der Triasgebilde zum Jura zu zeigen, zu dem schon der Lias gehört; der Muschelkalk unterteuft das Juragebirge. Auch tritt die Stauchung und Verbiegung der Schichten, wie sie in den Alpen in noch großartigerem und mannigfaltigerem Maße gefunden werden (Faltungen an der Axenstraße am Vierwaldstädter See, Glärnisch) deutlich hervor.

Fig. 191.



Schichtenfolge der Trias in Württemberg.

1 Vogesensandstein. 2 Bunter Sandstein. 3 Wellenkalk. 4 Anhydritgruppe. 5 Muschelkalk von Friedrichshall. 6 Lettenkohle. 7 Keupermergel. 8 Keupersandstein. 9 Lias.

Beschreibung des Hauensteintunnels. Da das Profil Fig. 192 deutlich zeigt, wie durch den Bau der Tunnel uns wichtige Aufschlüsse über die geologische Beschaffenheit der Erdrinde und der Gebirge gegeben werden, mögen noch einige kurze Notizen über denselben folgen.

Schon in früher Zeit waren die Hauensteinpässe gebahnt, um die Verbindung von Basel mit der inneren Schweiz (Zürich, Luzern, Bern) zu ermöglichen. 1827 bis 1830 trat eine Straßenverbesserung ein, mit 5 : 100 Steigung, während früher dieselbe bis 24 : 100 betrug, so daß nun die Lasten bequem hinübergeschafft werden konnten. Als der Eisenbahnbau sich in den fünfziger Jahren mehr und mehr entwickelte, wurde 1855 bis 1857 der Hauensteintunnel zur Herstellung jener wichtigen Linie gebaut. Der Tunnelbau wurde durch den traurigen Unglücksfall am 28. Mai 1857 allgemein bekannt, bei dem durch einen Einsturz 52 Arbeiter verschüttet wurden; es war ihnen der Rückweg abgeschnitten und sie fanden sämtlich ihren Tod; bei den Rettungsarbeiten büßten noch 11 ihr Leben ein. — Der Tunnel hat eine Länge von 2,7 km und wird in 5 Minuten durchfahren, bei dem Austritt genießt man zuerst den Anblick der Alpen und gelangt auf der steil sich senkenden Bahn nach Olten, damals dem Centralknotenpunkte der Schweizer Bahnen. Jetzt führen auch von Basel aus noch zahlreiche andere Verbindungswege zu den Alpen hinüber, von denen vor allem Waldshut-Turgi, und Delsberg-Biel zu nennen sind; auch bei diesen Schienenwegen finden sich große Tunnelbauten am Paßwang und unter dem Pierre Pertuis, doch sind alle diese Tunnelbauten weit übertroffen durch die bekannten großen Alpentunnel (vergl. dynamische Geologie), von denen der Mont Cenis (Fréjus)-Tunnel (13,45 km lang) zuerst (1871) eröffnet wurde.

Fig. 192.

Längsdurchschnitt der nördlichen Hälfte des Hauensteintunnels zwischen Basel und Olten.

Zeichenerklärung:

ab Der Tunnel. *c* Durchgebrachter Schacht. *d* Infolge von unten aufdringenden Wassers aufgegebener Schacht. **Anhydritgruppe:** 1 Unterer Salzthon. 2 Anhydrit und Gips. 3 Oberer Salzthon. 4 Unterer Dolomit des Wellenkalkes. 5 Wellenkalk. **Muschelkalkgruppe:** 6 Dolomit. 7 Hauptmuschelkalk. 8 Oberer Dolomit. **Lettenkohlengruppe:** 9 Salzthon. 10 Gips. 11 Lettenkohle. **Keupergruppe:** 12 Thon und Mergel mit Gips. 13 Dolomit. 14 Mergel. 15 Bone bed*). **Lias:** 16 Gryphitenkalk*). 17 Sandmergel. 18 Cymbiumkalk. 19 Schiefer und Mergel.

*) Betreffs der noch nicht erläuterten Ausdrücke Folgendes. **Bone bed:** Der Hauptmuschelkalk geht an vielen Orten Südwestdeutschlands in einen Dolomitenkalk über, von lichtgrauer Farbe und feinkörnigem Bruch (in Schwaben Nagelfels oder Malbstein genannt): häufig finden sich die welligen Schichtungen getrennt durch breccienartige Gebilde (s. S. 177; „Bone bed“ vgl. S. 267), welche Fisch- und Reptilienreste nebst Koprolithen eng zusammengebacken enthalten, die sich gegen den Kalkstein abheben. — **Gryphitenkalk** wird nach den Leitfossilien (hier Muscheln) so genannt (vergl. S. 216, a. Tl. 1, S. 387). Gryphaea cymbium ist für den mittleren Lias charakteristisch.

Zu Seite 295.

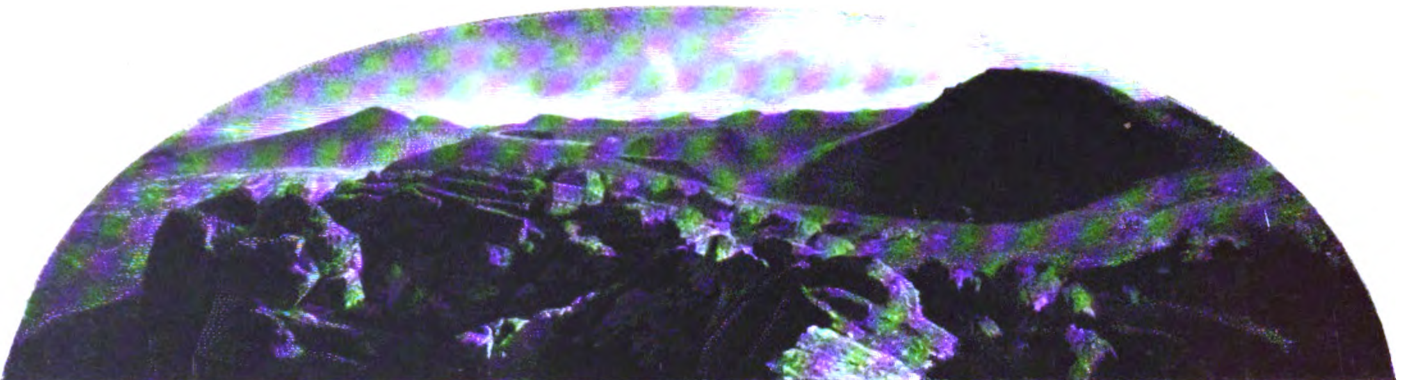


Fig. 193. **Das „Feuer“ (die Papenkaule in der Eifel).**
(Nach dem Wandgemälde von L. Spangenberg in der Bergakademie zu Berlin.)

III. Dynamische Geologie.
(Geologie der Gegenwart.)

Einleitung.

Nachdem in historischer Reihenfolge die Bildung der Erde von den ersten Anfängen des Festen bis zur Jetztzeit in der kurzen Übersicht der Formationen gegeben ist, wird eine kurze Darstellung der sich noch heute vollziehenden Veränderungen darthun, daß zur Erklärung jener Bildungen keinerlei besondere Kräfte oder andere Ursachen als die jetzt noch wirkenden heranzuziehen sind; aus diesem Grunde hat man diesen Teil der Geologie als dynamische (δύναμις, dynamis, Kraft) Geologie bezeichnet; das Resultat der Wirkungen früherer Zeiten haben wir in den Formationen (vgl. historische Geologie und Geognosie) vor uns.

Ein Teil der hierher gehörigen Erscheinungen findet seine Erklärung durch Ursachen (Kräfte) und Wirkungen, deren Sitz unter der Erdoberfläche sich befindet (hypochthone Wirkungen), zu denen vor allem die Erscheinungen gehören, die auf eine hohe Temperatur im Erdinnern schließen lassen (Vulkane), während andere sich aus Druck und anderen Ursachen erklären. Viel umgestaltender wirkt auf der Erdoberfläche (epichthone Wirkungen) das Wasser in seinen Aggregatformen, fest als Schnee und Eis, flüssig in den Wasseransammlungen (Meere, Seen, Flüsse, Quellen) und gasförmig als Wasserdampf, der mit den Bestandteilen der Luft zusammen die allmähliche Zerstörung der Gebirge bedingt. Auch viele chemische Prozesse im Innern der Erdrinde werden durch das eindringende Wasser hervorgerufen (Mineralbildungen ꝛc.), ebenso wie dynamische durch Bildung von Höhlungen, durch Erdstürze und andere Umbildungen.

Die Wirkungen des Wassers werden unterstützt durch die Luft und ihre Strömungen, die Winde, — Wirkungen, die man früher vielfach unterschätzt hatte (äolische Wirkungen).

Ihnen schließen sich die Umänderungen an, welche pflanzliche und tierische Organismen durch ihre Überreste nach dem Tode oder durch ihre Lebensprozesse hervorbringen (Korallenbauten, Moore). Natürlich greifen diese (organogenen) Wirkungen vielfach ineinander und finden gleichzeitig statt, wie sie auch der Zeit nach nicht beschränkt oder abgegrenzt sind.

Auch die Umgestaltungen welche in der jüngsten Periode der Mensch herbeiführt (kulturelle, industrielle, anthropogene Wirkungen), müssen mit wenigen Worten berührt werden, da viele dieser Wirkungen auch nach Abschluß einer anthropozoischen Epoche bleiben würden. Die Einwirkungen der Kultur erstrecken sich auf die organische und unorganische Natur und sind so eingreifend, daß man sie als industrielle Umwandlungen, um diesen Ausdruck zu gebrauchen, bezeichnen kann.

Um Schlagworte zu wählen, kann man als umgestaltende Kräfte bezeichnen Feuer, Wasser und Wind, Pflanzen und Tier und den Menschen.

Einen Überblick der Jetztzeit der anthropozoischen (quartären) Periode giebt die Weiterentwickelung der Tertiärepoche, und auf Grund der gesamten Erscheinungen können wir versuchen, uns ein Bild von der Entstehung der Erde (Geogenie), und mit Hülfe der Astronomie ein solches über die Stellung der Erde im Weltall und die Entstehung der Planeten und Sonnensysteme zu machen (Kosmogenie, vergl. III. Tl. vorliegenden Werkes: Astronomie).

Hiernach ergiebt sich für den III. Abschnitt: Dynamische Geologie folgende Einteilung:

Einleitende Worte. Erklärung der Bilder „Feuer“, „Wasser und Wind“.

A. Hypochthone Wirkungen.
1. Bodentemperatur.
2. Vulkane.
3. Erderschütterungen (seismische Bewegungen, Seismologie, Erdbebenlehre).
4. Heiße Quellen, Geysire.
5. Salsen und Schlammvulkane.
6. Gasquellen.
7. Niveauverschiebungen, Hebungen und Senkungen.

B. Epichthone Wirkungen.
1. Wirkungen der Hydrometeore, Erosion, Verwitterung.
2. Quellen.
3. Flüsse.
4. Seen.
5. Meere.
6. Schnee, Eis (Glacialphysik; vgl. auch IV. Abschnitt: Geologische Jetztzeit).

C. Äolische Wirkungen (Windwirkungen, Dünen).

D. Organogene Wirkungen (Wirkungen der Organismen).
1. Wirkungen pflanzlicher Organismen (Torf, Kohlen u. s. w.).
2. Wirkungen tierischer Organismen (Korallenbauten, Schlammbildungen u. s. w.).

E. Anthropogene Wirkungen (industrielle Wirkungen).

Weiter würden sich der dynamischen Geologie noch anschließen die Abschnitte IV. Die geologische Jetztzeit. Diluvium (Glacialzeit, Eiszeit), Alluvium, — und V. Entstehung der Erde (Geogenie, Kosmogenie), und den Schluß bilden VI. Anhänge, darunter im engeren Anschluß an die Geologie je ein solcher über die Höhlen und über die Gebirgsbildung (Orogenie).

Vorbemerkungen.

In der letzten Auflage des Schoedlerschen Buches war die dynamische Geologie, die Lehre von den jetzt sich vollziehenden Umänderungen unserer Erdoberfläche, nur im Anschluß an die Geognosie, die Lehre des Aufbaues

der Erdrinde behandelt, zum Teil mit ihr verbunden. — Die Lehre von den Vulkanen, Erdbeben, Verwitterungen und den Einflüssen der Hydrometeore und den Wirkungen von Schnee und Eis hat eine solche Wichtigkeit erlangt und der kommenden Zeit ein so großes Gebiet der wissenschaftlichen Forschung erschlossen, daß eine systematische Trennung notwendig erscheint.

Sind doch die Beobachtungen überdies solche, die zum großen Teile jeder in seiner Heimat, wenn er seine Umgebung denkend betrachtet, anstellen und durch richtige Wiedergabe derselben zur Erweiterung der Heimats- und Vaterlandskunde beitragen kann. Die Liebe zur Natur, die Liebe zur Heimat und zum deutschen Lande wird gestützt und erhöht durch die Kenntnis aller Verhältnisse desselben; kaum ein Land der Erde bietet des Mannigfaltigen so viel wie Deutschland. Fast alle Erscheinungen, die wir in großartigster Weise in anderen Erdteilen auftreten sehen, haben auch bei uns ihre, wenn auch weniger großartige Entwickelung gefunden. Erdbeben und Vulkane, Springquellen und geysirartige Erscheinungen, Cañons und bizarre Erosionsgebilde, Gletscherwirkungen und Küstenbildungen mit Steil- und Flachdünen, Buchten, Moore und Heide, Basaltsäulen und Trachytdome, Eishöhlen und Knochenhöhlen, sinkende und emporsteigende Gebiete, kurz, was für Veränderungen die Erde darbieten mag, sie finden sich in Deutschland vertreten. Die Geographie Deutschlands ist eine Physiographie der Erdoberfläche im kleinen.

Freilich werden im Folgenden andere bekanntere, großartiger ausgeprägte Erscheinungen aus der dynamischen Geologie aus anderen Ländern herangezogen werden müssen, da die unscheinbaren Erscheinungen derselben Art in Deutschland wenig bekannt sind, aber die Verhältnisse des Vaterlandes werden, wo es nur möglich ist, berücksichtigt und so sind denn als typische Bilder für die dynamische Geologie zwei künstlerisch hochstehende Wandgemälde von Spangenberg, die sich in der Vorhalle der Bergakademie und geologischen Landesanstalt zu Berlin finden und hiermit zum erstenmal weiteren Kreisen zugänglich gemacht werden, gewählt worden.

Feuer (höhere Temperatur), **Wasser** und **Wind** sind die hauptsächlich einwirkenden Faktoren, und diese Worte sind hier den genannten Landschaftsbildern[1]) gewissermaßen als Motto beigegeben.

„Das Feuer“ (s. Fig. 193 bei S. 295). Die Papenkaule im äußersten Westen bei Gerolstein in der vulkanischen Eifel ist beredter Zeuge der erst in der letzten Periode der Bildung unserer Erdoberfläche vorhandenen vulkanischen Thätigkeit in Deutschland.

---

[1]) Der um Verbreitung populärer naturwissenschaftlicher Kenntnisse so hoch verdiente Geheimrat Hauchecorne hatte die Bilder freundlichst für die Ausgabe des vorliegenden Werkes zur Verfügung gestellt. Hoffentlich werden diese Charakterlandschaften so bekannt, wie sie es verdienen, sind sie doch typisch für die Wirkungen der betreffenden geologischen Faktoren. Mögen sie auch eine Erinnerung an den nunmehr aus dem Leben geschiedenen hochverehrten Mann bilden, als ein Zeugnis von seinem Streben, geologische Kenntnisse allen Kreisen zugänglich zu machen.

Die vulkanische Eifel (Vordereifel), zwischen Gerolstein, Daun, Manderscheid bis Andernach (Niedermendig, Brohl, Laacher See) ist ausgezeichnet durch ihre mit Wasser angefüllten Explosionskrater, Maare. Der größte dieser Kraterseen, der Laacher See, 53 m tief, liegt nahe dem Rhein und ist durch das Brohlthal, an dessen Mündung das Dorf Brohl, der Hauptausfuhrplatz für den zu Wassermörtel verwendeten vulkanischen Tuff oder Traß (vergl S. 176) sich befindet, leicht zu erreichen. In dem Brohlthale finden sich auch bei Tönnisstein und Burgbrohl Kohlensäuregasquellen und kohlensäurehaltiges Wasser, die zu Bädern und zur Fabrikation flüssiger Kohlensäure verwendet werden. Auch am Laacher See selbst findet sich eine trockene Kohlensäureexhalation; eine nicht sehr tiefe Grube enthält eine Ansammlung dieses Gases, das durch Herabsenken eines brennenden Lichtes, welches in der Kohlensäure erlischt, bemerkbar gemacht werden kann. Auch an der südlichen Seite des Laacher Sees finden sich die Spuren vulkanischer Thätigkeit. In den Mühlsteinbrüchen von Niedermendig wird eine basaltige Lava mit Hauyn (S. 172) gewonnen; erstere sollen schon seit den Römerzeiten in Betrieb sein und die hohen, zum Teil domartigen Räume sind noch dadurch ausgezeichnet, daß sie eine sehr niedrige Temperatur, die fast unabhängig von der Außentemperatur ist, besitzen; sie werden als Bierkeller benutzt.

Das eigentliche Eifelgebirge besteht aus Unterdevon (Coblenzschichten, Spiriferensandstein mit Dachschieferlagern) und Mitteldevon (Eifelkalk, Stringocephalenkalk), überall durchbrochen von Basalten. Daun und Gerolstein bilden gewissermaßen das nordwestliche Grenzgebiet der vulkanischen Eifel; bei Daun findet sich eine große Anzahl von Maaren, überall sind Kohlensäureexhalationen (so im Dreiser Weiher) vorhanden, die zum Teil zu Mineralwässern verwandt werden (Florabrunnen und Sprudel von Gerolstein), dort finden sich auch jene eigentümlichen Krater, wie der Mosenberg mit Lavastrom und die Papenkaule (556 m), die hier in typischer Darstellung wiedergegeben ist. Der letztere alte Krater (auch Pappenkaule, Pfaffenkaule oder nur Kaule genannt) liegt 195 m über der Thalsohle. Auf der Abbildung (Fig. 193 bei S. 295) erkennt man deutlich die kraterähnliche Vertiefung der Papenkaule, in welcher Schlacken, Sande und Tuffe liegen, die zum Teil abgefahren sind. Dasselbe ist an der hervorragenden Kuppe, die aus porösen Schlacken zusammengesetzt ist, der Fall, — auch hier hat die Industrie störend eingegriffen, auch hier sind viele Schlacken zu Wegebauten fortgeführt.

Eine 2,3 m tiefe Sandgrube zeigt, daß die obere Schicht aus rundlichen Schlacken, die untere aus mehr pulveriger Auswurfsmasse mit Lava und Kalksteinbruchstücken besteht. Auf den benachbarten Feldern finden sich Olivinbomben und Stücke von Devongestein, die einen emailleartigen Schmelzüberzug zeigen. „Der Rand des Kraters, der größte Teil der einen Seite der auf dem höchsten Rande des senkrecht geklüfteten, schwach gegen SO (Südost) einfallenden Kalksteins und Dolomits lagernden Kuppe, besteht aus kleinen und größeren zusammenhängenden, sehr porösen Schlacken; auf der Kuppe liegen einige große Blöcke, ebenso in dem größeren südwestlichen Krater.“ (Mitscherlich.)

Die Auswurfsmasse der Papenkaule ist ringsum von Kalkstein und Dolomit begrenzt (Längsausdehnung 1 km, Breite 600 m). Die Oberfläche der Auswurfsmassen wird auf 48 ha geschätzt. Der ganze Berg führt den Namen Quittenberg. Unmittelbar daneben ist die Hagelskaule, aus welcher die Lava zur Kyll herabgeflossen ist, sie ähnelt der Lava des Mosenberges und enthält Olivin und Augit.

Die sedimentären Bildungen sind deutlich auf der Abbildung zu unterscheiden. Im folgenden sind die einzelnen Notizen und Beschreibungen, die durch eigene Anschauung und Beobachtung gestützt werden, nach dem Buche von H. v. Dechen[1]) gegeben, dem mit Recht als Motto folgende Worte Leopold v. Buchs (1820) vorgesetzt sind:

„Die Eifel hat ihres Gleichen in der Welt nicht; sie wird auch ihrerseits Führer und Lehrer werden, manche andere Gegend zu begreifen, und ihre Kenntnis kann gar nicht umgangen werden, wenn man eine klare Ansicht der vulkanischen Erscheinungen auf Kontinenten erhalten will."

Nur in der Auvergne haben wir eine ähnliche instruktive Gegend, die die eigentlichen vulkanischen Erscheinungen, homogene Vulkane, noch schärfer zur Anschauung bringt, dagegen der Explosionskrater (Maare) entbehrt.

Abgesehen von dem speciellen Bilde der Papenkaule mögen auch noch einige andere Lokalitäten der Eifel erwähnt werden, die zum größten Teile in der dynamischen Geologie Berücksichtigung gefunden haben.

Neben der oben erwähnten Gegend vom Laacher See, Brohl, Niedermendig, Mayen, sind es besonders die Umgebungen des kleinen Bades Bertrich mit der Falkenlei, die aus vulkanischen Sanden und Schlacken besteht und an ihrem Gipfel in den Spalten niedrige Temperatur zeigt, sowie die basaltischen Laven mit der Käsgrotte, welche die Aufmerksamkeit auf sich ziehen, dann gelangt man von Gillenfeld mit dem kreisförmigen Pulvermaar nach dem durch landschaftliche Schönheit ausgezeichneten Manderscheid, von wo aus der Schlackenkrater des Mosenberges mit deutlichem Lavastrom den Anblick eines erloschenen Vulkans gewährt. Das in der Nähe befindliche Meerfelder Maar ist weniger merkwürdig als die Dauner Maare (Weinfelder, Schlackenmehrener, Gemündener Maar). Bei Daun findet sich auch der Firmerich, an dem Lava, Schlacken und vulkanischer Sand den Anblick vulkanischer Produkte darbieten, wie sie heute noch von den thätigen Vulkanen geliefert werden; der Lavastrom ist deutlich erkennbar. Bei den erwähnten Gegenden bildet Grauwacke und Thonschiefer des Unterdevon das Material des Plateaugebirges, das an vielen Stellen vulkanische Durchbrüche bezw. Aufschüttungen enthält. Das nordwestlich von Daun liegende Gebiet von Hillesheim mit Laven, Sanden und Tuffen hängt mit dem Gebiete von Gerolstein (an der Kyll) zusammen, südlich davon bietet Birresborn mit seinen Mineral-

[1]) Geognostischer Führer zu der Vulkanreihe der Vordereifel nebst einem Anhange über die vulkanischen Erscheinungen der hohen Eifel (Bonn, Fr. Cohen).

quellen und dem Kalenberg mit Krater und zwei Lavaströmen ein weiteres interessantes Beispiel vulkanischer Thätigkeit. Hier findet sich auch ein trockenes Maar von 600 m Durchmesser (bei Kopp, in der Eigelbach).

„Wasser und Wind“ (s. Fig. 194). Einen ganz anderen Anblick gewährt uns die nun folgende Vignette vom „Kurischen Haff“ und der „Kurischen Nehrung“; nicht minder merkwürdig als die alten erloschenen Vulkane der Eifel zeigen uns die Dünenbildungen unmittelbar die Wirkungen der beiden gewaltigen Faktoren, die noch fortwährend die Küstengestaltungen ändern und in historischer Zeit geändert haben.

Deutlich erkennt man den langen, das Meer fast halbkreisförmig umgebenden Dünenzug, gegen den vom Meere aus die Wellenzüge herandrängen; der steile Abfall nach dem Haff zu mit dem ruhigen Wasser zeigt, in welcher Weise der Wind den Sand aufböscht, der nach der Leeseite zu herabrollt. Ein prächtiger Föhrenwald wird von der vorrückenden Düne begraben, an einzelnen Stellen sind die Stämme schon vollständig verschüttet und nur die obersten Kronen und Zweige ragen aus der tötenden Umhüllung empor; schreitet die Düne über den Wald fort, wie es vielfach an unseren deutschen Ostseeküsten geschehen ist, so finden wir den Fuß und die Wurzeln der Stämme noch an Ort und Stelle, aber in eine kohlige, lockere Masse verwandelt, sie sind dann den heranrollenden Wogen ausgesetzt und die Bruchstücke, Braunkohlen ähnlich, finden sich im Sande der Küstenlinie; ein Beispiel hierfür bieten uns die Dünen östlich von Stolpmünde. Aber noch weitere Bildungen gestattet die Zeichnung uns zu entdecken, die Vor- und Nebendünen an der Hauptdüne selbst sind deutlich ausgeprägt, im Vordergrund sieht man, wie der Wind an dem festigenden Dünengras kleine Sandwellen aufgehäuft hat, während das ganze Bild eine Vorstellung von der Großartigkeit und Einsamkeit der Landschaft hervorzurufen imstande ist.

In der That gehört eine Wanderung auf der Nehrung, ebenso wie in der Eifel, zu den genußreichsten und belehrendsten Reisen, welche wir in unserem Vaterlande machen können. Alle Bildungen, welche Wind und Wasser an den Flachküsten hervorbringen, lassen sich mit Leichtigkeit verfolgen. Der Rand der Meereswellen durch die verschiedensten Gegenstände bezeichnet (Kies, Holz, Geröll), bietet, da er weithin verfolgt werden kann, ein großartiges Bild. Die wechselnden Gegenstände fesseln die Aufmerksamkeit des Wanderers, mitunter treten ganz besondere Strandlinien auf, so kann man bisweilen kilometerweit die angespülten, vollständig erhaltenen Körper von Coleopteren verfolgen, die durch Landwind zu Tausenden ins Meer getrieben, dort ihren Untergang gefunden hatten und nun angespült werden; viele waren so gut erhalten, daß sie unmittelbar einer Sammlung einverleibt werden konnten. Die Dünenbildungsverhältnisse kann man, da die Nehrung sehr schmal ist und man leicht vom Meere zum Haff wandern kann, in allen Entwickelungen und Größen verfolgen, finden sich doch hier die höchsten Dünen Europas (60 m) nach den Dünen der Landes in Südfrankreich. Durchschreitet man die Dünen, so hört man jenes eigentümliche knisternde Geräusch, welches die an der Düne emporgetriebenen und an der anderen Seite herabgleitenden Sandkörnchen verursachen und das, — so will man bei einigen Binnenland-

Zu Seite 300.

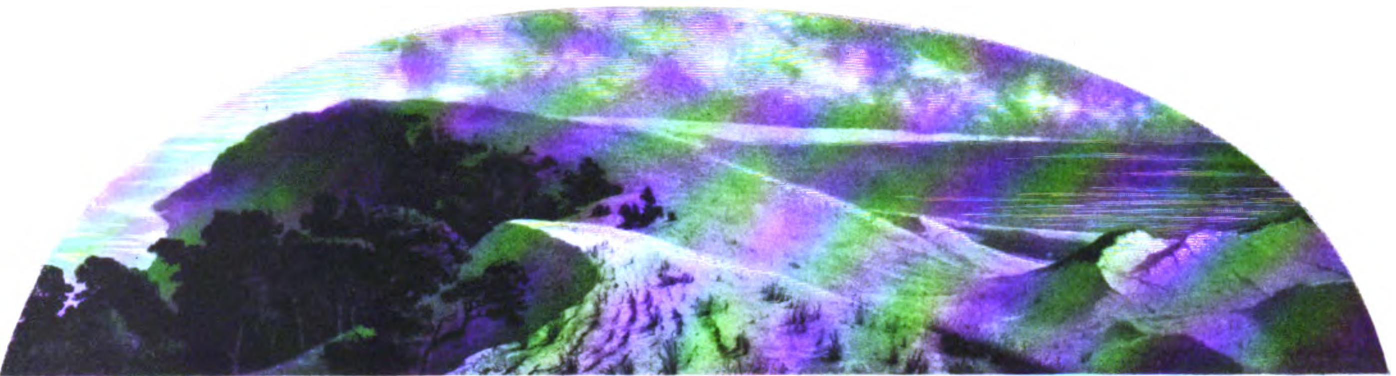


Fig. 194. „Wasser und Wind“ (Kurische Nehrung).
(Nach dem Wandgemälde von L. Spangenberg in der Bergakademie zu Berlin.)

dünen in Nordafrika beobachtet haben, — zu musikalischen Tönen unter Umständen sich gestalten kann.

Die Öde und Einsamkeit mitten in diesen lockeren Sandbergen, die unaufhaltsam weiter dem Haff zu wandern, ist von L. Passarge [1]) in lebensvoller Sprache geschildert, und es mag nicht unangebracht erscheinen, eine solche Beschreibung mit des gen. Verfassers eigenen Worten [2]) hier wiederzugeben.

„Die weite Wasserfläche des Meeres ist gewiß einsam, aber die Nehrung, die Welt des Sandes, ist um vieles einsamer. Wo das Leben vollkommen schweigt, verlangen wir seine Spur nicht. Hier aber, wo es sich leise regt, in schüchternen Anfängen gleichsam; wenn wir den Blick auf die Pflanzen werfen, die aus dem dürren Sande keimen, in elementaren Formen; wenn wir den Vogel wahrnehmen, der einen Fisch erhascht, oder den Menschen, der sein Netz in die Wasserflut wirft; hier, wo das Leben nur das Leben des Sandes ist, das Wandern der ertötenden Düne, das Leben des Todes; hier, wo die Erde noch nicht fertig, sondern sich in einem Werden befindet — hier überkommt uns entweder ein grenzenloses Grauen oder eine empfindungslose Apathie.“

„Es vergeht eine Stunde und eine zweite. Hinter jedem Vorsprunge erwarten wir etwas neues, etwas anderes wenigstens. Haben wir ihn erreicht, so erblicken wir immer dasselbe Bild vor uns. Stehen wir auf einem Haken, so liegt die Dünenkette panoramenartig ausgedehnt, in der Ferne schimmert vielleicht eine kurze, dunkle gebrochene Linie, ein verlorenes Dörfchen. Stehen wir dicht am Fuße der Düne, so schließt uns eine cirkusartige Vertiefung ein. Der Dünenwall hängt grausenerregend über uns, der Blick eilt über die Wasserfläche des Haffes. Wie um uns zu höhnen, fährt in der Ferne ein Dampfboot vorüber.“

Früher führte die Poststraße über die Nehrung, die fast ganz bewaldet gewesen sein soll. Noch zu Anfang dieses Jahrhunderts wurde die Straße benutzt, die bei Sturm und Unwetter wegen der Dünen und ihrer Einsamkeit wohl nicht ohne Gefahr war, wenngleich manche Gefahren sicher übertrieben worden sind. So die des Triebsandes; lockere Stellen, in welchen Wagen, Pferde und Menschen einsanken, um angeblich nach und nach zu verschwinden. Bei dem Durchgange vom Meere nach Nidden am Haff wurde am Fuß einer hohen Düne noch eine solche Stelle gezeigt.

Daß solche Gefahren für diejenigen, welche in der Dunkelheit vom Wege abgeirrt waren, bestanden haben, kann wohl nicht in Abrede gestellt werden, doch sind dieselben jedenfalls sehr ausgeschmückt. Solche Stellen im lockeren Sandboden entstehen durch aufsteigende Quellen oder überhaupt durch emporbringendes Wasser, das durch die Dünen hindurchsickernd, auf eine undurchlässigere Schicht trifft und den Boden so durchtränkt, daß er dem Drucke nachgiebt. Kann man doch diese Verhältnisse leicht künstlich nachahmen, in-

[1]) In seinem Werke „Aus baltischen Landen“ (Studien und Bilder), — Schilderungen, in denen auch Land und Leute der Nehrung berücksichtigt sind (S. 105 bis 300).

[2]) a. a. O., S. 206.

dem man Dünensand in ein Gefäß füllt, das, unten durchbohrt, Wasserzutritt gestattet. Beim Eindringen von Wasser unter hydrostatischem Druck wird der Boden so gelockert, daß auf demselben ruhende Gewichtsstücke allmählich versinken.

Noch andere interessante Erscheinungen bietet die Nehrung dar, so das Vorkommen des Bernsteins und die frühere Gewinnungsmethode durch Baggerung, wie sie bei Schwarzort getrieben wurde, die Brutplätze der Möwen bei Rossitten u. a. m.

Unsere Ostseeküste ist so reich an großartigen Naturbildern und landschaftlichen Reizen, daß hier auf die Erklärung derselben, wie sie durch das Studium der physischen Verhältnisse [1]) sich ergiebt, hingewiesen sein mag. Die einzige Gegend, welche an Einsamkeit und Dünenbildung mit der Nehrung verglichen werden kann, ist der südliche, mit Hörnum endende Teil der Insel Sylt.

A. Hypochthone Wirkungen.

(Veränderungen der Erdoberfläche, welche wesentlich durch Einwirkung von den Kräften unterhalb der Oberfläche, zum Teil durch erhöhte Temperatur des Erdinnern bedingt sind.)

1. Bodentemperatur, Lehre von der Eigenwärme der Erde (Geothermik).

Man mag über das Erdinnere eine Annahme machen, welche man will, man mag annehmen, daß es fest und von sehr hoher Temperatur sei, oder flüssig, eine zähe geschmolzene Masse (Magma) bildend, oder auch eine fast vollständige Erkaltung voraussetzen, die eine Thatsache steht fest, wo man auch in die Tiefe eingedrungen ist, in Gegenden mit gefrorenem Boden, in tropischen Gegenden, in hohen Gebirgen, in der Ebene, überall wurde eine mehr oder weniger schnelle Zunahme der Temperatur mit der Tiefe konstatiert.

Es liegt dabei nahe, zuerst das Eindringen der von der Sonne herrührenden Wärme zu verfolgen und zu sehen, ob dies vielleicht einen Einfluß auf die Innenwärme der Erde hat. Die oberste Bodenschicht hat, wie die Atmosphäre, eine veränderliche Temperatur, verschieden nach den Klimaten, nach den Jahres- und Tageszeiten. Aber nur die oberste Grenzschicht kann einen mit der Lufttemperatur ungefähr parallel gehenden Wechsel zeigen; die darunter liegenden Schichten werden durch Leitung erwärmt und können sich daher nur auf dieselbe Weise wieder abkühlen, während die obersten durch Strahlung ihre Wärme wieder abgeben. Die Bedeckung des Bodens (Wald, Wiese, Sand, kahles Gestein) und die Beschaffenheit des-

---

[1]) Carl Ackermann, Beiträge zur physischen Geographie der Ostsee. — Die Verhältnisse der Dünen sind in wissenschaftlicher Darstellung geschildert von N. A. Sokolow: Die Dünen, Bildung, Entwickelung und innerer Bau (deutsche, vom Verfasser ergänzte Ausgabe von A. Arzruni).

selben (Leitungsfähigkeit [1]), Farbe, Zerklüftung, Humus, die Fähigkeit, Wärme aufzunehmen (Wärmekapacität, vergl. Physik), Neigung der Fläche (Größe derselben und nach verschiedenen Richtungen, Norden, Süden u. s. w.) müssen einen bedeutenden Einfluß dabei haben. So erwärmt sich kahler Boden schneller als bedeckter, giebt aber auch die Wärme schneller wieder, ebenso kühlt sich rauher Boden schneller ab als glatter (begraster Boden wird stärker betaut als festgetretene Wege). Diese Verhältnisse werden wesentlich mit durch den Feuchtigkeitsgehalt beeinflußt und verdienen auch für die Landwirtschaft und ihre Kulturen Beachtung. Überall aber machen sich die täglichen Verschiedenheiten der Temperatur nur in geringer Tiefe (bis höchstens 0,9 bis 1 m) bemerkbar und der Unterschied zwischen den höheren und tieferen Temperaturen (den Extremen) schwindet um so mehr, je tiefer wir in den Boden eindringen. Sehr bald gelangt man zu einer Schicht, in der die Temperaturdifferenz der Tageszeiten und dann der Jahreszeiten nicht mehr merklich ist und jahraus, jahrein dieselbe Temperatur herrscht, wie schon früher in den Kellern des Observatoriums von Paris beobachtet wurde. Diese Schicht mit konstanter Temperatur hat die mittlere Jahrestemperatur, in Norddeutschland ungefähr 9 bis 11°). Die Tiefen der gleichmäßigen Temperatur sind nicht ganz gleich, so in Paris 21,8 m, in Heidelberg 26 m. Die Beschaffenheit des Gesteins hat auch hier einen wesentlichen Einfluß, so ist die Tiefe konstanter Temperatur in Edinburg im Trapp 18 m, im Sandstein 30 m. Für Mitteleuropa kann man die Dicke der Schicht mit veränderlicher Temperatur (12 bis 30 m) zu durchschnittlich 25 m rechnen. Innerhalb dieser Schicht findet nun das Fortschreiten der Wärmewelle in der Weise statt, daß die Differenzen in der größten Tiefe dieser Schicht sehr gering sind und nach der Oberfläche wachsen. Die Temperatur schreitet so vor, daß in der größten Tiefe die Umkehr der Temperatur stattfindet. Die Wärme der heißesten Monate Juli, August, dringt sehr allmählich ein, und die unterste Schicht erreicht sie erst im Januar, Februar mit einem viel geringeren Maximum. Man nennt die Linien, die die Stellen des Bodens mit gleicher Bodentemperatur verbinden, Geoisothermen (Erdisothermen, Linien, welche Orte mit gleicher durchschnittlicher Temperatur verbinden). Die erste Geoisotherme gleichmäßiger Temperatur liegt in verschiedenen Breiten verschieden tief, auch muß in Gegenden mit niedrigen Jahrestemperaturen der Boden auch im Sommer in bestimmter Tiefe gefroren sein. So fließt die Lena eine lange Strecke durch gefrorenen Boden, Sklavensee und Bärensee wie die Hudsonbailänder haben gefrorenen Boden, ebenso wie Jakutsk und der größte Teil Kamtschatkas. In diesem gefrorenen Boden sind auch vollständig erhaltene Exemplare des diluvialen Mammuts und des Rhinoceros tichorhinus (vergl. S. 252 und Tl. I, S. 396) gefunden worden.

---

[1]) Wärmeleitungsfähigkeit einiger Gesteine (von den hiernach aufgeführten leitet das voranstehende jeweilig besser als das folgende): quarzreicher Glimmerschiefer, Quarz, Granit, Marmor, dichter Kalkstein, feinkörniger Sandstein, Porphyr, Serpentin. Da die am besten leitenden Körper beim Anfühlen am kühlsten sind, kann man z. B. Stuck von Marmor, der besser leitet als Gips, sofort unterscheiden (vergl. Mineralogie, S. 100).

Was die Oberflächentemperatur des Wassers anbetrifft, so sind die täglichen Veränderungen der Temperatur an dessen Oberfläche noch weniger bemerkbar und erfolgt die Erwärmung wegen der höheren Wärmekapacität desselben noch bedeutend langsamer als beim Boden. Da aber wegen der leichten Verschiebbarkeit der Wasserteilchen durch die mit den Temperaturänderungen eintretenden Volumen- und Dichtigkeitsänderungen Strömungen entstehen, werden die Temperaturverhältnisse in den Oceanen und Seen nicht denen des Festlandes entsprechen.

Die Verhältnisse der Bodentemperatur an der Oberfläche werden in der Meteorologie, die der Gewässer in der Hydrographie (Oceanographie; für Landseen Limnigraphie genannt) näher betrachtet.

Dringt man nun von der Hauptgeoisotherme in das Innere, so erfolgt immer Zunahme; aber die Tiefen, in welche man vordringen muß, um die Temperatur um 1° C. sich erhöhen zu sehen (geoisothermische Tiefenstufen), sind an den einzelnen Orten sehr verschieden. Als Mittel, die Zunahme zu bestimmen, soweit sie nur von der inneren Erdwärme herrühren kann, bieten sich uns dar 1. Tunnel, 2. Schächte, 3. Bohrlöcher und die Gewässer, die dabei hervortreten und 4. Höhlen. Die Gewässer geben aber deshalb einen minder guten Anhalt, da der Ursprung und Verlauf der Wasseransammlungen nicht bekannt ist, und die Höhlen nicht, weil sie nicht wesentlich aus der Tiefe hervortretend, horizontale Erstreckung besitzen. Alle diese Mittel und natürlichen Beobachtungsorte haben eine Zunahme der Temperatur nach der Tiefe zu ergeben, und zwar 1° für 30 m als geothermische Tiefenstufe. Nimmt man an, daß die Temperatur in derselben Größe weiter zunimmt, so würde man sehr früh — bei ca. 4 Meilen Tiefe — zu Temperaturen von 1000° und bei 40 Ml. von 10000° kommen. Da der Schmelzpunkt der Gesteine ungefähr bei 1400 bis 1600°, selbst unter Druckberücksichtigung, liegt, so würde die starre Erdrinde nur eine Dicke von ca. 5 bis 6 Ml. haben (Erdradius 860 Ml.) und einer dünnen Kruste vergleichbar sein. Da uns aber die Verhältnisse in unserer Erde absolut unzugänglich sind und die Temperaturzunahme nach der Tiefe hin sich bedeutend verlangsamen kann, so werden alle Annahmen über das Erdinnere zunächst Vermutungen bleiben müssen, nur das Eine steht fest, daß die Erde noch Eigenwärme unabhängig von der Sonnenwärme besitzt. Die Untersuchungen werden in der Weise angestellt, daß nicht die Lufttemperatur, sondern die Gesteinstemperatur ermittelt wird. In die Gesteine werden Bohrlöcher getrieben, in denen mit dem Geothermometer (einem besonderen Thermometer, um die Erdtemperatur zu messen) die Temperatur und ihr Verlauf bestimmt werden kann.

Die großen Tunnelbauten der Neuzeit gaben und geben Aufschlüsse über die Temperatur in hohen Bergen, vor allem die drei größten Alpentunnel Gotthard, Vorarlberg, Mont Cenis. Der Gotthardtunnel, 14984 m lang, 1000 m unter dem Paß, 1154 m über dem Meere, zeigte im Innern 30,2°, so daß die Weiterarbeit sehr erschwert war und stets Luft durch besondere Kompressoren hinzugeführt werden mußte. Die Temperatur der Tunnelgewässer war niedriger als die des Gesteins, 25° C., später höher, und selbst der starke Luftzug drückte die Gesteinstemperatur nur wenig herab.

Nimmt man an, daß bei ähnlichen Tunnelbauten die Temperatur ähnlich wächst, so würde man beim projektierten Simplontunnel (derselbe ist auf 19 731 m Länge projektiert, 2135 m unter dem überlagernden Gebirge) auf 40° und beim Mont Blanc-Tunnel auf 50° kommen, — Temperaturen, bei denen Arbeit nicht mehr möglich ist. Die Tunnelbauten haben für den Verlauf der Geoisothermen (Chthonisothermen) gezeigt, daß diese nicht den Erhebungen folgen, sondern flacher verlaufen und schließlich mit den Geoisothermen der Ebenen gleich verlaufen werden. Die Beobachtungen in anderen Tunnels, deren Länge geringer ist (Mont Cenis 12 233 m, Arlberg 10 250 m, Ronco in der Strecke Genua-Novi 8262 m, Kochem an der Mosel 4216 m u. s. w.) haben ähnliche Resultate gegeben.

Weit unsicherer noch sind die Temperaturmessungen des Gesteins in Bergwerken.

Da die Geothermometer nur in die obersten Schichten des Gesteins eingesenkt werden können, werden Luftzüge, die fortwährend in den Bergwerken stattfinden müssen, Einwirkung haben; bei vielen Bergwerken ist die Sommer- und Wintertemperatur verschieden, und ferner haben die Wasserverhältnisse entschiedenen Einfluß. Manche Gruben besitzen hohe Eigentemperatur, wie die Steinkohlenbergwerke, wo sich dies Verhalten aus den noch vor sich gehenden chemischen Prozessen erklärt, während bei anderen Gruben (Comstockmine in Amerika) für die starke Temperaturzunahme andere Annahmen gemacht werden müssen. In vulkanischem Boden überhaupt herrschen abnorme Verhältnisse, die sich aus früheren vulkanischen Gesteinen, wo die Temperaturzunahme rascher ist, erklären. Im Kuttenberger Erzbergwerk (Böhmen), einem der tiefsten Schächte (1152 m [1]), ergab sich 1° C. für eine Tiefenzunahme von 30 bis 50 m, bei den irländischen Bergwerken 31 m für 1°, am Ural 23 bis 26 m, in Schottland 63 m und nach den sehr zahlreichen Messungen von Burk im Erzgebirge ist die geothermische Stufentiefe 41,84 m.

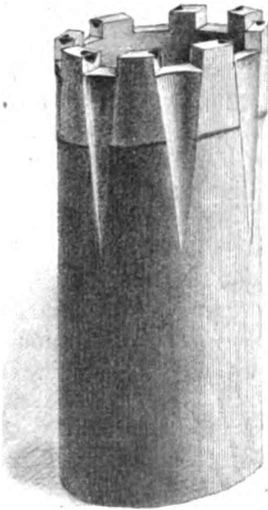
Von ganz besonderer Wichtigkeit sind die Bohrlöcher und Bohrbrunnen (artesische Brunnen) in neuerer Zeit geworden. Ihr Hauptzweck ist 1) die Erlangung von Wasser in quellenarmen Gegenden (Sahara), und zur Wassergewinnung überhaupt (in Artois, daher die Benennung artesische Brunnen; der erste wurde in Europa 1126 im Departement Pas de Calais hergestellt); 2) Erbohrung von Heilquellen und nutzbaren Soolen; 3) die Erschließung der Bodenbeschaffenheit bis zu großen Tiefen, um nutzbare Mineralien gewinnen zu können (namentlich Kohlen, Steinsalz und Abraumsalze). Durch sie ist man weiter in die Tiefe herabgedrungen als durch die Bergwerke. Das tiefste Bohrloch, das eine Tiefe von 2004 m erreicht hat, findet sich bei Paruschowitz bei Rybnik (Oberschlesien); bei der Teufe (bergmännisch für Tiefe, vgl. S. 150) von 2002,3 m wurden 69,3° C. gemessen. Die tiefsten Bohrlöcher in Deutschland sind:

Sennewitz bei Halle a. S. . . 1111 m	Schladebach bei Merseburg . . 1810 m
Eu bei Staßfurt . . . . . . 1293 „	Paruschowitz bei Rybnik . . . 2004 „
Sperenberg bei Berlin . . . . 1390 „	

[1]) Das tiefste Kohlenbergwerk ist Ölsnitz i. Schlesien, mit dem 931 m tiefen Frisch Glück-Schacht (Mündung 460 m über dem Ostseespiegel).

Die Bohrungen haben überall eine Temperaturzunahme ergeben. Das Wasser von der tiefsten Stelle des Sperenberger Bohrloches bei Berlin hatte 48,1° bei 1268 m Tiefe, von Grenelle 548 m tief 27,7°, Rüdersdorf 276 m tief 23,5°, Neusalzwerk 673 m tief 33,6°, Schladebach 56,62° in 1716 m Tiefe. Der Temperaturzuwachs stellt sich verschieden, ist aber überall nachweisbar, sehr stark bei Neuffen in der Nähe eines Basaltkegels, für 10,1 m 1°, während bei Artern ungefähr die dreifache Tiefe für gleiche Temperaturerhöhung erforderlich ist. Die tieferen Bohrlöcher ergaben als geothermische Tiefenstufe 33 bis 37 m.

Fig. 195.



Die Bohrungen in der Oberfläche, um die Bodenbeschaffenheit und die Wasserverteilung kennen zu lernen, werden jetzt systematisch durchgeführt. Die Bodenkarten, die hiernach sich ergeben (agronomische Karten), sind für die großen Städte und den Ackerbau von größter Wichtigkeit, da hiernach verschiedene Anlagen sich richten. Wasserversorgung (Reinigung, Leitung, Brunnenanlagen) und Ackerbau sind Zweige der angewandten Naturwissenschaften geworden.

Die Bohrungen werden mit Hülfe der Bohrtürme vorgenommen, die den eigentlichen Bohrapparat tragen, bestehend aus den Bohrstangen (dem Bohrgestänge) mit dem Bohrkopf, deren einer in Fig. 195 dargestellt ist. Als Bohrköpfe dienen, abgesehen von sonstigen Formen, in neuerer Zeit an dem Gestänge befestigte, mit eingefaßten schwarzen Diamanten (Karbonados, vergl. S. 74) versehene Stahlringe; sie werden langsam gedreht, wodurch cylindrische Stücke (Bohrkerne) aus dem Gestein ausgeschnitten werden. Die Arbeit schreitet nach der Beschaffenheit des Gesteins mehr oder weniger langsam fort (oft werden nur 3 cm den Tag erreicht), so daß Tiefbohrungen jahrelange Arbeit erfordern, auch wohl namentlich infolge Bruches der Bohrstange aufgegeben werden.

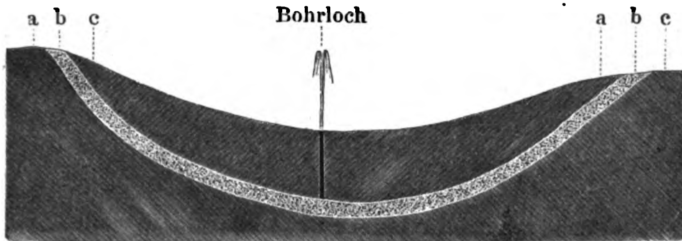
Für die Herstellung der artesischen Brunnen sind folgende Punkte zu beachten:

1) Es muß in einem höher als der Bohrpunkt gelegenen Teile der Erdoberfläche Wasser in die Erde eindringen. 2) Dieses Wasser muß unterirdische Verbindungswege bis unter den Bohrpunkt vorfinden. 3) Weder in noch unter dem Bohrpunkt darf jenes Wasser einen natürlichen oder künstlichen Ausweg finden, durch welchen so viel abzufließen vermag, als der Zufluß von oben beträgt.

Diese drei allgemeinen Bedingungen können auf verschiedene Weise erfüllt sein. Am gewöhnlichsten werden dieselben im Gebiete der Flözgebirge durch die besondere Lage und abwechselnde Beschaffenheit der Schichten hervorgerufen. Wenn nämlich irgend eine wasserdurchlassende, z. B. sandige Schicht

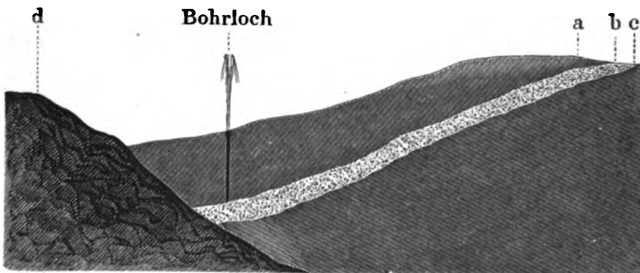
b, Fig. 196 u. 197, in etwas geneigter Richtung zwischen zwei wasserdichten, z. B. thonigen oder mergeligen Schichten *a* und *c* liegt, so wird das Wasser, welches in die oberen ausgehenden Teile *bb* der ersteren dringt, dieselben bis

Fig. 196.



zu ihrem tiefsten Punkte erfüllen, und wenn es nun hier keinen oder keinen hinreichenden Ausweg findet, sei es wegen muldenförmiger Lagerung, wie in Fig. 196, oder wegen Anlagerung der unteren Schichtenausgehenden an ein festes Gestein, wie in Fig. 197, wo *a* und *c* undurchdringliche Schichten sind, während *b* eine das Wasser durchlassende und *d* jenes feste Gestein ist, so wird das Wasser in diejenige Spannung geraten, welche erforderlich ist,

Fig. 197.



um einen artesischen Brunnen zu erzeugen. Man braucht dann nur die obere Schicht zu durchbohren, um sogleich einen freiwillig springenden Quell zu erhalten. Ähnliche oder gleiche Bedingungen können jedoch auch im Massengestein, durch Klüfte, erfüllt sein, wiewohl seltener und ohne daß sie sich im Voraus beurteilen lassen. Während man daher in Flözgebirgsgegenden oft mit großer Zuverlässigkeit das Gelingen der Anlage von artesischen Brunnen vorher zu bestimmen vermag, wird dasselbe in Gegenden, wo Schiefer und Massengesteine herrschen, nur vom Zufall abhängen und im allgemeinen unwahrscheinlich sein.

Kommen artesische Brunnen aus sehr großer Tiefe, so haben sie eine höhere Temperatur, wie z. B. der 548 m tiefe Brunnen von Grenelle bei Paris, der 28° C. Wärme hat, und die bei Neuffen in Württemberg erbohrte Quelle, welche bei 385 m Tiefe sogar eine Temperatur von 38,7° C. besitzt (vergl. oben). Es ist hierdurch die Möglichkeit in Aussicht gestellt, die aus dem ungeheuren Magazine des Erdinnern hervorgehobene Wärme an der

Erdoberfläche zu benutzen. Enthalten die Flözschichten, aus welchen der artesische Quell aufsteigt, lösliche mineralische Stoffe, so wird derselbe als Mineralwasser erscheinen; auf diese Weise sind namentlich im kochsalzreichen Keuper und Zechstein mehrfach Salzsoolen erbohrt worden (Neusalzwerk in Westfalen u. a. m.).

In der algerischen Sahara sind seit 1855 Bohrungen vorgenommen, welche täglich mehrere 100000 cbm Wasser geben und fruchtbare Oasen geschaffen haben.

Die sogen. abessinischen Brunnen (Nortonschen Röhrenbrunnen) werden erhalten, indem Röhrenstücke von ungefähr 3 dm innerem Durchmesser zusammengeschraubt werden (bis 10 m lang) und die unterste Röhre mit starker stählerner Spitze versehen wird, oberhalb welcher die Röhre 3 bis 4 dm hoch durchlocht wird, damit das Wasser eindringen kann. Diese Vorrichtung wird mit der Spitze voran in die Erde gerammt. (Hebung des Grundwassers vergl. spätere Abschnitte.)

2. Vulkane.

a) Allgemeines.

Vulkane, unrichtig feuerspeiende Berge genannt, da sehr selten Flammen aus ihnen emporschlagen, sind mehr oder weniger kegelförmige, auch rücken- oder sargförmig gestaltete Berge, aus denen feste, feurig-flüssige und gasförmige Produkte aus einem nach oben sich erweiternden Kanal mit schroffen, fast vertikalen Seitenwänden emporgepreßt oder emporgeschleudert werden.

Für gewöhnlich sind die Vulkane im Zustande der Ruhe; nur die hohe Temperatur des Kraters, die zahlreichen Gasausströmungen (Exhalationen), die hauptsächlich aus Wasserdampf, Kohlensäure, schwefliger Säure, Schwefelwasserstoff bestehen und Sublimationen der verschiedensten Art (Kochsalz, Schwefel), die durch Kondensation gasförmig gewordener fester Körper entstehen, zeigen die noch vorhandene Thätigkeit. Bei den Eruptionen (Ausbrüchen) werden auch feste Gesteinsstücke der verschiedensten Dimensionen bis zum feinst zerriebenen Material (Asche) mit ungeheurer Gewalt emporgeschleudert; die Gasausströmungen vermehren sich und brechen unter sehr hohem Druck hervor, und die feurig-flüssigen Gesteinsmassen treten an der Seite, seltener am oberen Rande des Kraters heraus, da der ungeheure Druck oft die Festigkeit der Kraterwände überwindet. Die Eruptionen erfolgen in kleinerem oder größerem Zwischenraum, öfters bleibt der Vulkan auch längere Zeit in Thätigkeit (Eruptionsperioden). Bei den erloschenen Vulkanen sind jene Produkte: erkaltete Lava, auch Bruchstücke derselben, Gasexhalationen; ebenso ist die kegelförmige Gestalt der Berge vorhanden, doch kann man keine scharfe Grenze ziehen. Der Vesuv war ein erloschener Vulkan bis zum Jahre 79 n. Chr. Das innere alte Kraterthal war sogar angebaut, und Spartakus schlug im Sklavenkriege dort im Jahre 72 v. Chr. mit 12000 Mann sein Lager auf; vom 14. Jahrhundert an bis 1631, also zwei Jahrhunderte lang, war er ebenfalls in Unthätigkeit. Der furchtbare Ausbruch 1631 eröffnete die Perioden der Thätigkeit, die jetzt noch andauern.

Lange Zeit hat man die Vulkane der Felsengebirge der Vereinigten Staaten, Mount Shasta, Mount Hood, Rainier, St. Helens, zu den erloschenen gezählt. Indessen liegen einzelne Nachrichten vor, daß sie, wie St. Helens, noch Eruptionen zeigen, da aus den Jahren 1843 und 1854 über solche berichtet wird. Jedenfalls hat ihre Thätigkeit vor noch nicht so sehr langer Zeit stattgefunden.

Vulkanische Thätigkeit fand auch in den früheren Formationen, so vor allem zur Tertiärzeit, statt. Die Basalte, Trachyte, Phonolithe sind vulkanische Ausbruchsprodukte, die aus dem Erdinnern durch Spalten empordrangen und zum Teil Gebilde hervorbrachten, die denen von mehreren jetzigen Vulkanen außerordentlich gleichen. In der Eifel und am Laacher See, ebenso wie in der Auvergne, sind dieselben (Lavaströme, Auswurflöcher) so gut erhalten, daß wir an diesen alten Vulkanen uns das Bild noch jetzt thätiger verschaffen können.

Gleich hier muß hervorgehoben werden, daß die Anschauung über Entstehung der Vulkane sich seit Anfang dieses Jahrhunderts vollständig geändert hat. Die frühere Anschauung (v. Buch, Humboldt) bestand darin, daß die vulkanischen Kräfte imstande gewesen seien, die ursprünglichen Schichten der Erde blasenartig zu heben; diese Erhebungen mußten schließlich gesprengt werden und nun mußten sich die feurig-flüssigen Massen aus der durchbrochenen Kuppe seitlich hervorgießen (erste Periode). Der entstandene Kanal gab nun Aufschüttungsprodukte und es entstand der Aufschüttungskrater, während man in dem den Aufschüttungskrater umgebenden Rande (der Somma beim Vesuv) den Erhebungskrater (Einsturzkrater) glaubte erblicken zu müssen. Jetzt haben alle Untersuchungen das Resultat gegeben, daß die ursprünglichen Schichten nicht in ihrer Lage sich verändert oder verschoben haben oder gar emporgerichtet sind, sondern daß die Auftürmung des ganzen Kegels durch die Auswurfs- und Ausflußprodukte der früheren Eruptionen entstand, und daß nach diesem Typus auch die mächtigsten Vulkane der Anden, wie der Cotopaxi, gebaut sind.

Die jetzt thätigen Vulkane sind Strato- oder Schichtenvulkane, im Gegensatz zu den Vulkanbergen der letzten Erdentwickelungsepoche, die dadurch entstanden, daß das feurig-flüssige Magma aus einer Spalte hervordrang, sich kuppenartig wölbte und die benachbarten Schichten der Sedimentformationen bedeckte, welche, ohne in der Lagerung gestört zu werden, an den Berührungsstellen mannigfach umgeändert wurden; man hat diese homogene Vulkane genannt, weil sie ohne Schichtung eine gleichmäßig beschaffene Masse zeigen.

Beim Meißner in Hessen sind Basalte und Dolomite emporgedrungen und haben ein Braunkohlenflöz überdeckt, das sich zum Teil dabei in Anthracit verwandelt hat (Kontaktmetamorphose); die Schichten des Buntsandsteins, Muschelkalks und Tertiärs haben keine Umänderung erfahren.

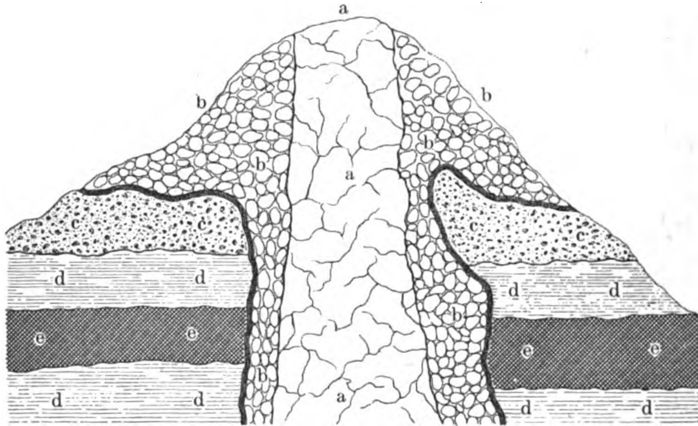
Ein entsprechendes Beispiel bietet der Ziegenkopf (Fig. 198 a. f. S.). Hier tritt besonders die schwammförmige Gestalt der Basaltkuppe hervor. Der Boden, tertiärer Sand und Thone, ist in seiner Schichtung nicht gestört. Die Braunkohlen sind in der Nähe der Konglomerate ungeändert. Die Bildung dieser Trümmermassen deutet darauf hin, daß bei den Ausbrüchen

Wasserbedeckung stattfand, auch hat eine solche wohl auf die säulenartige Absonderung der Basalte Einfluß gehabt.

Bei den homogenen Vulkanen (Massenvulkanen) hat also nur ein Hauptausbruch stattgefunden.

Bei den Stratovulkanen haben hingegen häufige Eruptionen den Berg erzeugt: die durch alte Eruptionen aufgetürmten Massen konnten nach innen einstürzen, während sich auf ihrem Boden ein neuer Schuttkegel bildete. Diese Reste alter Einsturzkrater bilden auch die Somma. Auch bei Santorin sind Reste eines solchen vorhanden; hier bilden (vgl. Fig. 199) die Hauptinseln Therasia (13) und Aspronisi (11) den alten Einsturzkrater und bestehen aus nach außen hin abfallenden Lagen von Lava, Andesit, trachytischen Tuffen, zwischen denen

Fig. 198.



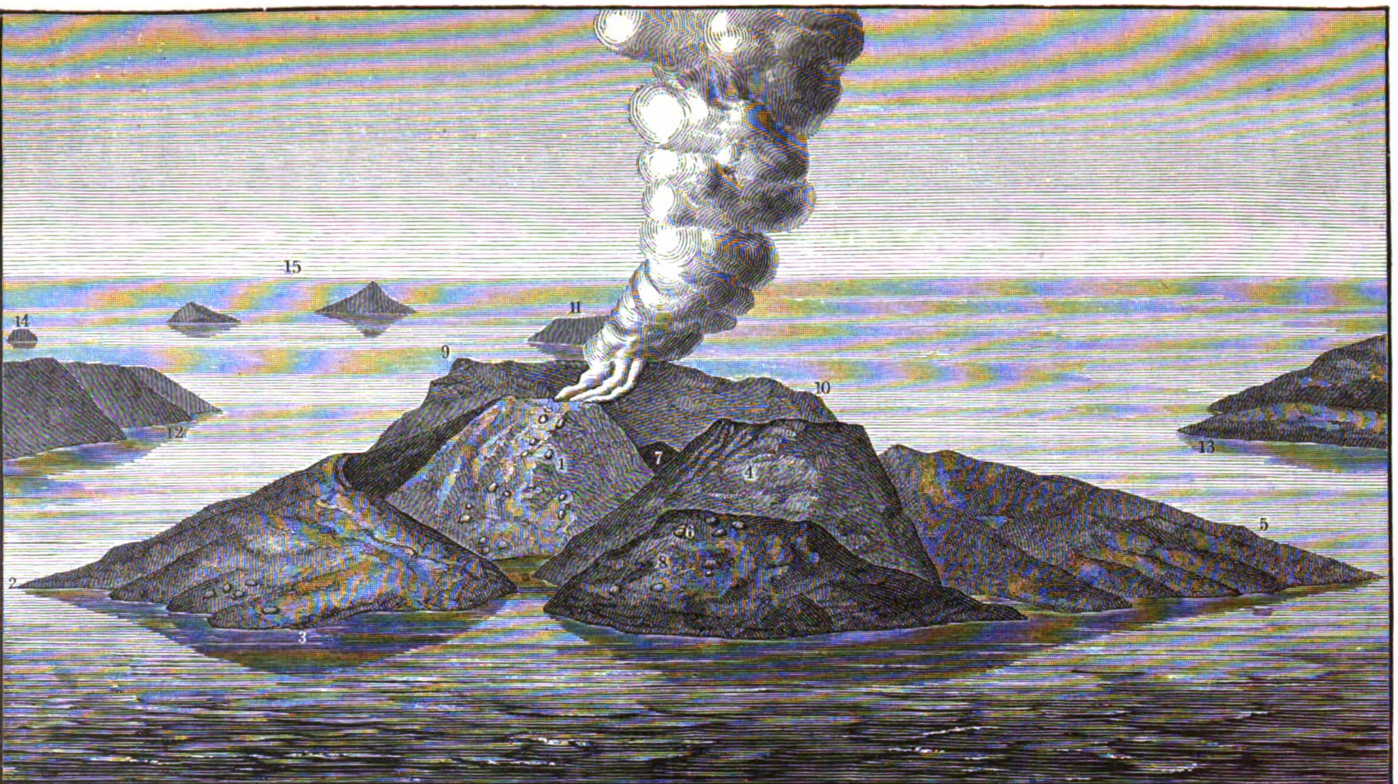
Durchschnitt des Ziegenkopfes am Habichtswalde.
a Kompakter Basalt. b Basaltkonglomerat. c Tertiärer Sand. dd Thonlager.
e Braunkohlen.

aus der ältesten Steinzeit datierende Wohnungen gefunden sind. Bei den kleinen Kratern im Innern sind in einem an späterer Stelle beigegebenen Kärtchen die Ausbruchsdaten hinzugefügt.

Der Boden des Einsturzkraters ist bei Santorin mit Meer bedeckt und fast vollständig erhalten. Der in der Mitte sich erhebende einzelne Aufschüttungskrater ist noch in voller Thätigkeit. Ein solches Bild bietet auch die Vulkaninsel Barren-Island im Bengalischen Meerbusen, während wir auf der Insel Palma (Kanaren) nur den Einsturzkrater vor uns haben, ein großes Kesselthal mit steil abfallenden Wänden (Caldera genannt), die nur durch einzelne tiefe Risse (Barrancos), welche strahlenförmig von der Caldera ausgehen, mit dem äußeren Rande der Insel in Verbindung stehen. Hier ist also ein neuer Aufschüttungskrater nicht entstanden.

Für die Anschauungen von Humboldt lieferte der berühmte Ausbruch des Jorullo (Mexiko) am 20. September 1759 eine Stütze. Es schien nach den Berichten, als habe sich das benachbarte Land, Malpays genannt, gehoben,

Fig. 199.



Ansicht der Gruppe der Kameni im Busen von Santorin, von der Stadt Phira aus gesehen.

1. Vulkan Georgios auf Nea Kameni. 2, 3. Fumarolen. 4, 5. Nea Kameni. 6. Ruinen von Häusern. 7. Aphroëssa. 8. Mikra-Kameni. 9, 10. Palaea Kameni. 11. Aspronisi. 12. Vorgebirge von Santorin. 13. Vorgebirge Tripilo von Therasia. 14. Insel Mermingas. 15. Christiania-Inseln.

der Boden sei blasenartig aufgetrieben, gesprungen und nun sei der Aufschüttungskrater entstanden. Es hat sich gezeigt, daß das Malpays aus Zersetzungsprodukten früherer Laven und nicht aus Schichten der Erdrinde besteht; auch der Jorullo ist ein Stratovulkan, der wie die übrigen entstanden ist.

Wie schnell eine Auftürmung vor sich geht, zeigt die Entstehung der Insel Ferdinandea (Julia) südlich von Sizilien (Juli 1831), die bis 72 m hoch anwuchs, aber wieder durch das Meer zerstört wurde.

Unterseeische Ausbrüche sind überhaupt öfters beobachtet. So entstand 1811 bei St. Michael (Azoren) die Insel Sabrina (bis 100 m hoch). Vulkanische Tuffe entstehen bei diesen Ausbrüchen in großen Mengen. Vgl. S. 341.

Oft sind die Ausbrüche der Vulkane geschildert worden; unter allen Naturerscheinungen sind sie die großartigsten, prachtvollsten, zugleich aber auch die gewaltsamsten und furchtbarsten in ihren Verderben bringenden Wirkungen. Der allgemeine Verlauf einer starken Eruption ist im folgenden wiedergegeben.

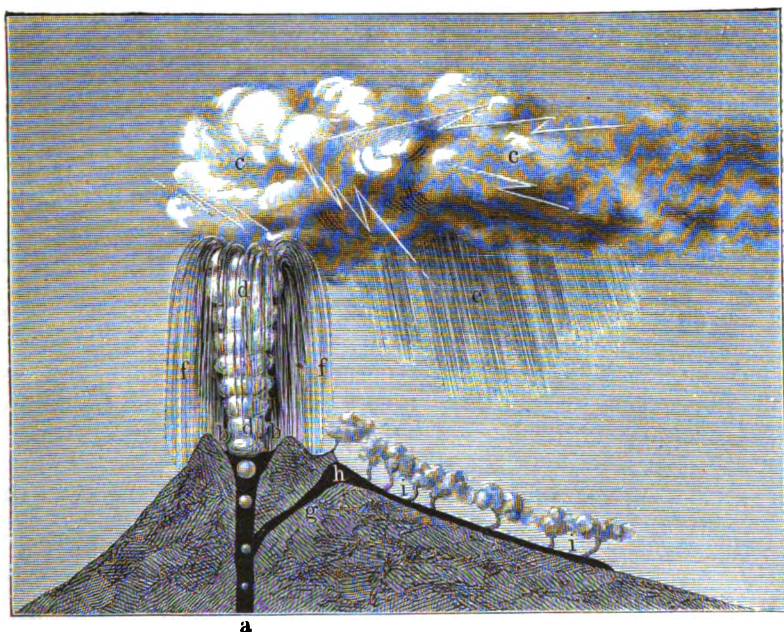
Die Beobachter aller Zeiten und Orte stimmen überein in der Bewunderung des erhabenen Schauspiels, dem fast immer sichere Vorboten und Anzeichen vorausgehen. An den Kegeln schneebedeckter Vulkane verkünden sichtbar werdende schwarze Stellen den erschreckten Umwohnern den bevorstehenden Ausbruch. Zur Bestätigung dienen nachstürzende Wasserfluten, herrührend vom Schnee, der geschmolzen wurde durch die Hitze der im Innern aufgestiegenen glühenden Lava. Das Ohr vernimmt ein unterirdisches Grollen, wie von fernem Donner, oft unterbrochen von furchtbaren Schlägen; die Erde zittert und bebt, Risse und Spalten öffnen sich, Quellen versiegen und aus der Spitze des Kegels erhebt sich eine Rauchwolke. Dies sind die äußeren Erscheinungen, die bald vereinzelt, bald insgesamt dem Ausbruch als Vorläufer dienen.

Die inneren Vorgänge erschließen sich nur dem geistigen Auge, welchem sie in folgender Weise sich darstellen. Aus unbekannter Tiefe wird eine glutflüssige Mineralmasse mit ungeheurer Gewalt emporgehoben, in Spalten gepreßt und nach einem Ausgang gedrängt. Auf und ab wogt nun ein Kampf widerstrebender Kräfte; sei es, daß ein Krater verschlossen ist durch die Decke erkalteter Lava früherer Ausbrüche, sei es, daß das Gewicht der gehobenen vulkanischen Masse selbst dem Durchdringen Widerstand leistet. Im ersten Falle ist der Kraterschlot meist so fest verkeilt, daß der Durchbruch leichter in anderer Richtung erfolgt. Draußen verkünden der immer stärker werdende unterirdische Donner und die zunehmende Heftigkeit der Erderschütterungen die Steigerung der inneren Spannung, bis endlich die aufwärts treibende Kraft den Sieg erringt und mit furchtbarem Krachen die Decke sprengt und himmelhoch in die Luft schleudert. Rasch dringt die feurigflüssige Masse nach und erfüllt den gebildeten Krater, bis sie höher und höher steigend dessen Rand erreicht, ihn überflutet oder durchbricht und als glühender Lavastrom sich herabwälzt.

Zur Erläuterung des folgenden nehmen wir Fig. 200, den idealen Durchschnitt eines thätigen Vulkans, zu Hülfe. Gleichzeitig mit der Lava dringt Wasserdampf in die Höhe, dessen Blasen im Schlot *a* zusammengepreßt, im Aufsteigen mehr und mehr sich ausdehnen und die Gestalt abgeplatteter Ballen annehmen, *dd*. Die Menge des frei werdenden Wasserdampfs ist so

ungeheuer, daß derselbe über dem Vulkan sich zu einer Wolke (*c*) von blendend weißer Farbe verdichtet, die ganz den Charakter einer Gewitterwolke annimmt, indem sie Blitz auf Blitz entsendet, gefolgt vom Donner, der sich mit dem Donner des Berges, durch Explosionen im Krater hervorgerufen, mischt und bis 100 km weit hörbar ist (so beim Ausbruch des Tambora). Wolkenbruchartiger Regen (*e*) stürzt aus der Wolke herab und ergießt verheerende Ströme von Schlamm über die umliegenden Thäler. Jene elektrischen Entladungen sind im großen ein Beispiel der Thatsache, daß die aus einem Dampfkessel entlassenen Dämpfe in hohem Grade elektrisch sind.

Fig. 200.



Lavastaub bildet über der Krateröffnung eine schwarze Rauchsäule, vom Winde übergebogen, dem Wipfel einer Pinie vergleichbar. Teils werden größere und kleinere Bruchstücke von Lava, Lapilli und vulkanische Bomben genannt (vergl. S. 173), mehr als 1000 m hoch, und bis in meilenweite Entfernungen geschleudert, teils fallen sie in den Kessel zurück, eine feurige Garbe (*f*) bildend. Niemals erheben sich Flammen aus dem Vulkan, denn es brennt kein Feuer in demselben; die nachts über dem Krater sichtbare Feuersäule wird vom Winde nicht hin- und herbewegt, sie entsteht durch den Widerschein der glühenden Lava an den emporgeschleuderten Aschen, Schlacken und Dämpfen.

Die erste Eruption ist meist die heftigste (Vesuv 79 und 1631), es folgt dann in der Regel eine Periode verstärkter Thätigkeit, die bisweilen nur wenige Tage, manchmal Monate anhalten kann; eine Regelmäßigkeit ist dabei nicht zu erkennen.

Nimmt die Thätigkeit des Vulkans mehr und mehr ab, so daß nur die Gasausströmungen und die an einzelnen Stellen erhöhte Temperatur die frühere oder ruhende vulkanische Thätigkeit andeuten, so nennt man diesen Zustand den Solfatarenzustand. Der Demawend südlich vom Kaspischen Meer zeigt uns einen Vulkan dieser Art. Auch unabhängig von eigentlichen, jetzt thätigen Vulkanen kommen heiße Dampf- und Gasausströmungen vor, bei denen meist Wasserdampf, schweflige Säure, Schwefeldampf und Schwefelwasserstoff unter hohem Druck ausströmen und die aus ganz erloschenen Kratern hervorgegangen sein können; solche Vulkane heißen dann Solfataren. Die bekannteste ist die Solfatare bei Puzzuoli (bei Neapel), deren Ausströmungen (Temperatur 110 bis 120°) 88,8 Proz. Kohlensäure, 7,0 Proz. Schwefelwasserstoff, 0,7 Proz. Sauerstoff, 4,5 Proz. Stickstoff enthalten.

Hier möge auch das eigentümliche Vorkommen der Suffionen (soffioni) in Toskana erwähnt werden. In jener Gegend tritt Wasserdampf mit Borsäure beladen aus Spalten hervor, oder es zeigen sich rundliche Vertiefungen mit Wasseransammlungen, aus denen Wasserdampf emporsteigt; die Borsäure hat sich zum größten Teil in diesem Wasser gelöst (vergl. Schoedler, Chemie, S. 171); man hat diese Gewässer auch wohl Lagoni (Lagunen — von lagone, Tümpel) genannt — Lagunen der Maremmen von Toskana — Lagoni di Volterra. — An vielen Orten dienen die Solfataren zur Schwefelgewinnung (Insel Martinique, Armenien, Schwefelinseln in Ostasien).

Für viele vulkanische Verhältnisse ist das Studium des am leichtesten zugänglichen Vesuvs maßgebend gewesen, dessen Thätigkeit seit Jahrzehnten einer steten Beobachtung unterliegt (Vesuvobservatorium) und über welche regelmäßig berichtet wird. Hier vermag man sich auch am leichtesten den Anblick eines thätigen Vulkans zu verschaffen und deshalb mögen einige Abbildungen, die am Schluß des Abschnittes hinzugefügt werden, eine, wenn auch die Anschauung nicht ersetzende, Vorstellung von Scenerieen thätiger Vulkane geben und als Illustrationen für die zu erörternden Verhältnisse dienen.

Die einzelnen Ausbrüche zeigen nun außerordentlich viel Abweichungen von der oben als typisch gegebenen Beschreibung, so daß eigentlich jede Eruption ihren besonderen Charakter hat. Noch verschiedenartiger gestaltet sich die Erscheinung, wenn der Ausbruch vom Meeresgrund aus geschieht, wo dann das Meer in Mitleidenschaft gezogen wird und Bodenerschütterungen sich hinzugesellen.

Bei dem großen Ausbruch in der Sundastraße, der auf einem kleinen Inselvulkan, Krakatoa, (August 1883) stattfand, waren es die großen Wasserwellen, welche die großen Zerstörungen an den benachbarten Küsten von Sumatra und Java herbeiführten, wodurch 100 000 Menschen ihr Leben verloren, — Meereswellen, die sich bis an die Küste von Madagaskar und nach dem Großen Ocean fortpflanzten. Der Coseguina (Cosiguina) in Nikaragua gab bei seinem gewaltigen Ausbruch (1835) ungeheure Aschenmassen, die bis in die Höhe des Gegenpassats fortgeführt wurden und eine Verfinsterung der Luft in einem Umkreise von 35 Meilen herbeiführten; am Ätna öffnete sich bei dem Ausbruch am 22. März 1882 in ca. 1050 m Seehöhe eine Spalte, aus der die Lava hervorströmte, es bildeten sich unter heftigen Erd-

erschütterungen mehrere neue Eruptionscentren. Bei dem Ausbruch des Tarawera, 10. Juni 1886, in Neuseeland wurden die herrlichen Kieselsinterterrassen von Rotomahana (Tetarataquellen), ein Wunder der Natur, zerstört, indem eine seitliche Spalte sich bildete und ungeheure Dampfmassen unter Explosion bis 3300 m hoch emporgeschleudert wurden. Beim Ausbruch des Bandai San am 15. Juli 1888 auf Japan, nördlich von Tokio, wurde ohne besondere Vorzeichen ein Stück des Berges bis 7000 m Entfernung fortgeschleudert, so daß die Erdmassen die Gegend stellenweise 20 bis 30 m hoch bedeckten; ein großer Wasserstrom ergoß sich aus dem Vulkan, Lavaergüsse fanden aber auch hier ebensowenig wie beim Tarawera statt, und so ließen sich noch viele merkwürdige Ausbrüche aufzählen, die in ihrem Verhalten von den oben beschriebenen Phänomenen nur einzelnes zeigten. Über solche Einzelheiten können Mitteilungen erst im folgenden gemacht werden, bei Gelegenheit der Besprechung, welche die einzelnen Punkte des Verhaltens und Aufbaues der Vulkane erfahren.

b) Verteilung der thätigen Vulkane.

Die Verteilung der Vulkane auf der Erde ist eine sehr ungleichmäßige; man hat wohl Gruppenvulkane oder Centralvulkane und Reihenvulkane unterschieden, je nachdem die Vulkane sich zu mehr oder weniger kreisförmigen Gruppen (Liparische Inseln, Ätna, Vesuv), oder in Reihen ordnen lassen, hat aber diese Einteilung aufgegeben, weil ein solcher Unterschied nicht besteht.

Das Festland Australien hat keinen thätigen Vulkan; seit der Sekundärepoche haben sich dort fast keine neuen Bildungen abgelagert, denn das Tertiär umfaßt nur das Gebiet des Murray, einen Teil der Gelände an der südaustralischen Bucht; es ist der älteste Erdteil, daher vielleicht auch die Eigentümlichkeit in den Tier- und Pflanzenformen. Sonst sind die Ufer des Großen Oceans mit Vulkanreihen umsäumt, von der australischen Inselbrücke begleiten sie die Küsten des Großen Oceans bis Kamtschatka; eine steile Senkung des Meeresbodens, bis zu 8000 m Tiefe, zieht sich an den Küsten entlang und weist auf einen Bruch der Erdrinde in früheren Epochen hin; auch an der östlichen Seite erstreckt sich die Kette der Reihenvulkane von Patagonien bis nach Alaska und verbindet sich über die Aléuten mit der asiatischen Küstenreihe.

Die Zahl der bekannten Vulkane wird, je nachdem man die einzelnen Berge als erloschen oder thätig ansieht, auf 200 bis 680 angegeben (davon allein auf Java 45, Sumatra 19).

Eigentümlich ist, daß sich fast alle thätigen Vulkane nur wenig, höchstens 30 bis 40 Meilen vom Meere entfernt finden.

Folgende Gruppierung, die sich auf jedem größeren Atlas verfolgen läßt, giebt einen Überblick über die Verteilung der thätigen Vulkane auf der Erde.

I. Europa.

1. Italienische Linie:

Vesuv 1184 m (phlegräische Felder), Monte Nuovo, thätig 1538, in 48 Stunden entstanden; Liparische Inseln: Stromboli (immer thätig,

924 m, Lavasee mit häufigen die Lava durchbrechenden Dampfblasen), Volcano; Ätna (Etna) 3300 m.

2. **Griechische Linie:**

Methana (im Altertum thätig), Santorin, Milos, Nisyros (Solfatarenzustand).

II. Becken des Atlantischen Oceans.

1. **Island:** Hekla, Skaptar Jökul, Vatna Jökul.
2. **Azoren:** Pic Fuego (wenig starke Thätigkeit).
3. **Kanaren:**

Pic von Teneriffa oder Pic von Teyde, Lanzarote, Palma.

4. **Kapverdische Inseln** (erloschen), ebenso ehemals vulkanisch: Tristan d'Acunha, St. Helena.

III. Afrika und Hauptbecken des Indischen Oceans.

In Abessinien erloschene Vulkane, der Vulkan Ed am Roten Meere und der Doenyo Mburo (nicht genügend erforscht). Der Kilimandscharo ist als Vulkan in Anspruch zu nehmen, auch wohl der Kenia; im Innern des Kontinents sind bei der Durchforschung desselben entschiedene Spuren vulkanischer Thätigkeit gefunden, während Süd- und Nordafrika von eigentlicher vulkanischer Eruptionsthätigkeit frei sind. Heiße Quellen jedoch sind in großer Zahl vorhanden. Die Inseln Bourbon, Mauritius sind vulkanischer Natur, ebenso St. Paul mit sehr schönem, nicht mehr thätigem Krater, vom Meere angefüllt.

IV. Asien.

1. **Westasiatische Kette:**

(Kaukasus, ehemals vulkanisch mit dem Elbrus und Kasbek;) Armenien, Ararat 4912 m (Eruption zuletzt 1840). Takal Tau, ein Gebiet mit erlöschender vulkanischer Thätigkeit. Demawend (südlich vom Kaspischen Meere, schwache Thätigkeit, fast Solfatarenthätigkeit). Eine ähnliche Solfatarenthätigkeit hat der Vulkan Taftau in Persien im Grenzgebiet von Beludschistan und Afghanistan (4000 m hoch).

2. **Vulkane des inneren Asiens:**

Peschan, Urumtsi. Ihr Vorhandensein ist nicht hinlänglich festgestellt (vielleicht nur Feuerbrunnen, vergl. diese, oder Schlammvulkane, wie bei Yarkand).

3. **Ostasiatische Vulkankette:**

Kamtschatka (Kliutschewskaja 4764 m), Kurilen (meist erloschen), Japanische Inseln (Oosima, Fusijama), Schwefelinseln (Solfataren), Philippinen, namentlich Luzon (Taal), nördliche Halbinsel von Celebes und Gilolo; von Timorlaut wendet sich die Kette rein westlich über Sumbava (Tambora, jetzt 2660 m hoch; soll beim letzten Ausbruch 1821 um 1250 m an Höhe abgenommen haben) nach Java (sehr viel thätige Vulkane, 44 mit Sicherheit angegeben: Merapi, Gedee, Tancuban

Prau ꝛc. 2900 bis 3000 m hoch), Krakatoa in der Sundastraße 832 m (berühmter Ausbruch 27. August 1883, bei dem bedeutende Bodenverschiebungen stattfanden), dann nordwestlich über Sumatra (Gunung Indrapura 3770 m) bis Insel Barren im Indischen Ocean.

V. Amerikanische Kette.

1. Südchilenische Kette (43,5 bis 30,5° südl. Br.):
   Vulkane von Villarica, Antuco; auch in Patagonien sind Vulkane vorhanden. 90 Meilen davon nördlich:
2. Die Peruanische Kette (24 bis 17° südl. Br.):
   (Gualateiri ꝛc. Höhe ca. 6700 m.)
3. Reihe von Ecuador:
   Bei Quito in zwei Reihen geordnet: Sangay, Cotopaxi 5960 m, Antisana, Pichincha, Corazé; sie erstreckt sich nördlich bis Neu-Granada. (Puracé, Tolima, Ruiz mit schwefelsäurehaltigen Gewässern).
4. Kette von Centralamerika:
   50 Vulkane, namentlich in Costarica und Nikaragua (24 Vulkane, Masaya), Salvador (10 Vulkane), Guatemala (10 bis 12 Vulkane, Vulkan d'Agua 4000 m, Irazu, Turialva 3590 m, Coseguina [großer Ausbruch 1835]).
5. Kette von Mexiko (fast W. bis O.):
   Tuxtla, Colima, Popocatepetl, Jorullo und Citlaltepetl (Pic von Orizaba) 5450 m.
6. Kette der Kleinen Antillen: (St. Vincent, Guadeloupe.)
7. Nordamerikanische Vulkane:
   Erloschene Vulkane an verschiedenen Stellen der Rocky mountains wie der Shasta, nördlicher der Eliasberg; aus dem Jahre 1877 wird ein vulkanischer Ausbruch aus dem südlichen Colorado gemeldet.
8. Kette von Alaska und der Aleuten: (Schischaldin 2660 m.) Insel Augustin (Tschernabura; bei der Eruption am 6. Oktober 1883 spaltete sich der Vulkan und die ganze Insel).

VI. Ketten des Großen Oceans.

Eine Kette schließt sich an Gilolo an, geht zur Halbinsel von Neu-Guinea über Neu-Britannien, Neu-Hebriden nach Neuseeland (Tongariro; Berg Egmont); auch die Freundschaftsinseln sind vulkanischer Natur. Die Sandwich-Inseln (Mauna Loa 4194 m mit dem Kilauea als Seitenkrater, der immer thätig ist und einen besonderen Typus der Stratovulkane darstellt), schließen sich an die amerikanischen Ketten an, durch die Rosas, oder Revilla-Gigedo-Inseln.

VII. Südliches Polarland, Antarktis.

Erebus und Terror (3300 m) von Kap. Roß 1840 bis 1842 entdeckt; in neuester Zeit werden noch zwei Vulkane 67,7° südl. Br. 58° 22′ genannt, Christinsen-Vulkan und Lindenberg-Zuckerhut (Ostküste von Grahamland).

Die in Aussicht stehenden antarktischen Expeditionen müssen darüber Aufschluß geben.

c) Die Höhe der Vulkane.

Weder die Häufigkeit der Ausbrüche noch die übrigen Erscheinungen hängen mit der Höhe der Vulkane zusammen. Man unterscheidet die relative Höhe, die Höhe vom benachbarten Plateau aus gerechnet, und die absolute Höhe über dem Meeresspiegel. Der Stromboli ist nur 924 m hoch, der Aconcagua (Chile) 6900 m, der Kliutschewskaja (4764 m) in Kamtschatka hat Mont-Blanc-Höhe, der Vesuv mit 1184 m etwas mehr als der Brocken, der Pic von Teneriffa (Pic von Teyde) 3716 m, der Ätna 3300 m, der Cotopaxi 5960 m, während seine relative Höhe ungefähr 3200 m weniger beträgt, der Coseguina in Mittelamerika ist 152 m, der Popocatepetl, auf dem jetzt ein meteorologisches Observatorium liegt, 5420 m, bei einer relativen Höhe von circa 2100 m; er hat seit 300 Jahren keinen Lavaerguß mehr gezeigt.

Übersicht über die Höhen einiger Vulkane

(nach Klöden, Neumayr, Ritter und den Originalangaben).

Aconcagua (Chile)	6900 m	[6834, 6970, 6590, 6834 m]
d'Agua (Guatemala)	4000 „	[4023, 4860, 4500 m]
Antisana (Ecuador)	5870 „	[5756, 5822, 5996; 5833; 5870, 5776, 5850, 5052 m]
Der kleine Ararat (nicht thätig; Armenien)	4180 „	[3914 m]
Ätna (Sicilien)	3300 „	[3313 m]
Insel Barren (Indischer Ocean)	590 „	
Chimborazo (Ecuador)	6300 „	[6697, 6310 m]
Citlaltepetl oder Pic von Orizaba (Mexiko)	5450 „	[5393 m]
Coseguina (Nikaragua)	152 „	[162 m]
Cotopaxi (Ecuador)	5960 „	[5943, 5607; 5596 m]
Demawend (Solfatarenzustand; Persien)	6559 „	[zw. 4267 u. 6560 m]
Dempo (Sumatra)	3625 „	[3606 m]
Erebus (Antarktis: Viktorialand)	3770 „	[3570 m]
Fuego (Guatemala)	4245 „	[4259 m]
Fusijama (Japan)	3729 „	[3780 m]
Gedee (Java)	2976 „	[2971 m]
Gualateiri (Peru)	6700 „	[6693, 6888, 6700 m]
Gunung Indrapura (Sumatra)	3770 „	[3700, 2500 m]
Hekla (Island)	1610 „	
Jorullo (Mexiko)	1300 „	[1222 m]
Irazu (Costarica)	3420 „	[3505, 3250 m]
Izalco (San Salvador)	641 „	[602 m, über 1000 m]
Kilauea oder Kirauea (Hawaii)	1216 „	[1340, 1230 m]
Kliutschewskaja-Sopka (Kamtschatka)	4764 „	[4804 m, zw. 4886 u. 5180 m]
Mauna Roa oder Loa (Hawaii)	4194 „	[4145, 4168 m]
Oräfa Jökul (Island)	1956 „	[1959 m]
Pichincha (Ecuador)	4700 „	[4787 m]
Popocatepetl (Mexiko)	5420 „	[5390, 5422 m]
Puracé (Columbien)	5170 „	[4700 m]
Sangay (Ecuador)	5223 „	[5323, 5220 m]
Schischaldin (Alëuten)	2660 „	[2647, 2800 m]
Semeru (Java)	3730 „	[3740, 3718 m]

Stromboli (liparische Inseln)	924 m	[ca. 900 m, 921 m, zw. 853 u. 979 m]
Tambora oder Temboro (Sumbava)	2660 „ [1]	[2950 m]
Pic von Teneriffa, Pic von Teyde	3716 „	[3715, 3710, 3711 m]
Tolima (Columbia)	5530 „	[5534, 5584 m]
Toluca (Mexiko)	4650 „	[4578 m]
Tunguragua (Ecuador)	4927 „	[5087 m]
Turialva (Guatemala)	3590 „	[3460, 2925 m]
Vesuv (Italien)	1184 „	[1329, 1200 m]
„ Observatorium . . . 560 m; Somma	1100 „	

Einheitlich feststehende Höhenangaben sind daher nur bei wenigen Vulkanen vorhanden.

d) Beschaffenheit der Krater.

Auch die **Beschaffenheit** der **Krater** ist unabhängig von dem übrigen Verhalten der Vulkane und ihrer Höhe. Die Krater haben eine sehr verschiedene Größe, Gestalt und Lage, in einzelnen Fällen liegt der Krater an der Spitze (Vesuv), in anderen an der Seite des Berges (Kilauea); manche Vulkane besitzen auch mehrere Krater, wie der Hekla (5). Es giebt kreisförmige, elliptische und unregelmäßig gestaltete Krater. Ihre Tiefe ist bis 500 m (Pichincha) gemessen, während der Krater des Pic von Teneriffa nur 40 m Tiefe hat bei 200 m Durchmesser. Der größte Krater ist der des Tengger oder Semeru (Gunung Tengye, Java) mit einem Kraterdurchmesser von einer deutschen Meile. Das Äußere der Krater besteht aus vulkanischer Asche und kleinen Lavastückchen, so daß es oft sehr schwer ist, denselben zu besteigen. Das Innere besteht meist aus Lavamassen, die oft sehr bizarre Formen zeigen.

Der **Boden der Krater** ist sehr verschieden beschaffen; es finden sich Wasserseen, Lavaseen, oder er besteht aus zerklüfteter fester Lava, besetzt mit kleinen Auswurfspyramiden. Er zeigt stets hohe Temperaturen und Gasexhalationen, selten ist er gleichmäßig mit vulkanischer Asche bedeckt. Die äußere Seite der Krater bietet ein sehr verschiedenes Aussehen dar, Schlacke, erstarrte Lava, fein zerteilte Massen (vergl. oben) bekleiden ihn; in manchen Fällen, wo nur feste Bomben emporgefördert werden, erscheinen die Eruptionskegel mit Längsfurchen, ähnlich den Regenschluchten, versehen, die durch die herabschurrenden Auswürflinge hervorgebracht sind, wie das namentlich die Vulkane von Java zeigen.

Die Krater erhalten oft nach den Ausbrüchen andere Formen, werden erniedrigt, stürzen auch wohl ganz zusammen. Wenn die feurig-flüssigen Massen zur Seite ausbrechen, entstehen oft seitliche Schluchten, oder es bilden sich Nebenkrater (Rossi am Ätna genannt).

Die typische Gesamtgestalt des Vulkans, von weitem gesehen, ist die eines Kegels mit steilerem oder schwächerem Abfall; der sogenannte Erhebungskrater, der oft gar nicht vorhanden ist, tritt dagegen zurück wie beim Vesuv, in anderen Fällen markiert er sich als Wall mit steil abfallenden Wänden nach innen und schwachem Abfall nach außen (Santorin, vgl. Fig. 199, S. 311)

[1]) Vor dem Ausbruch 1815 4500 m hoch.

e) Produkte der Vulkane.

Als zufällige Produkte sind die Wasserströme, von denen bei manchen Eruptionen berichtet wird, anzusehen. In manchen Fällen, wenn die Vulkane über die Schneegrenze hinausragen, entstehen sie durch starkes Schmelzen des Schnees, durch die erhöhte Temperatur des Berges; auch können sich Spalten an tieferen Stellen des Berges öffnen, wodurch unterirdische Wasseransammlungen Abfluß finden, und sich die Angaben, daß Fische in diesen Gewässern enthalten waren, erklären ließen; sehr oft werden solche Ströme aus den großen Massen Regen, der aus den Wolken über dem Vulkan herabfällt, sich erklären. Der Wasserdampf kondensiert sich zu oft elektrisch geladenen Wolken, aus denen dann der Regen wolkenbruchartig herniederströmt (vulkanische Gewitter). Daß dabei feste Körper (Asche, Lavablöcke u. s. w.) mit fortgerissen werden und Schlammströme entstehen, ist natürlich. — Wasserausbrüche als solche finden bei den Vulkanen nie statt.

α) Gasausströmungen, Exhalationen.

Die Gasexhalationen der Vulkane im Zustande der Ruhe sind dieselben wie die bei den Eruptionen und nur der Quantität nach verschieden: vor allem ist es Wasserdampf, der den Vulkanen in großen Mengen entströmt (Fumarolen), dann Kohlensäure (Mofetten); auch Schwefelwasserstoff, der sich öfters entzündet hat und mit blauer Flamme zu Wasser und schwefeliger Säure verbrennt, welche den erstickenden, stechenden Geruch besitzt, den wir in der Nähe der Krater wahrnehmen, kommt häufig vor. Auch schweflige Säure findet sich direkt in den Exhalationen. Schwefeldämpfe veranlassen gelbe Überzüge und Krystallpyramiden von Schwefel und noch heute liefern die Vulkane Ostasiens den Eingeborenen den Schwefel (Schwefelinseln, südlich von Japan). Aber auch andere Gase sind in den Exhalationen enthalten, so das Ammoniak, Chlorwasserstoffgas, Borsäure und auch Fluorwasserstoff. Auch die Bestandtheile der Luft finden sich in den Gasausströmungen, und vereinzelt ist Auftreten von Kohlenwasserstoffen und Wasserstoff beobachtet. Vor und bei der Eruption vermehren sich diese Gasmengen, namentlich die der Kohlensäure, ganz bedeutend.

Aus der Einwirkung dieser Gase auf das benachbarte Gestein und aus den Exhalationen selbst ist eine Anzahl von Mineralien hervorgegangen, die besonders am Vesuv genau studiert sind, so finden sich neben Kochsalz auch eine Doppelverbindung Alit $NaCl\ KCl$, dann Alaun, ebenso Salmiak, Anhydrit, Pyroxen (vergl. Mineralogie S. 124). Besonders auffallend ist eine Reihe von Kupfer- und Eisenverbindungen (Tenorit CuO, Cupromagnesit $CuMg\ SO_4 + 7\ H_2O$); Oligist Fe_2O_3, entstanden durch Umsetzung von Fe_2Cl_6 mit Wasser. Eisenoxychlorid $Fe_2O_3\ Fe_2Cl_6$, Chlorcalcit ($CaCl_2$), Atelit $CuCl_2\ 2\,CuO\ 3\,H_2O$ und viele andere (vergl. Mineralogie, Vesuvmineralien).

Bei manchen Eruptionen tritt das eine oder andere Gas in geringerer Menge auf; so tritt Kohlensäure bei vielen Vesuveruptionen selbst nur in geringer Menge auf, zeigt sich aber nachher in der Umgebung (in Kellern, auf

dem Meeresboden ꝛc.) in großen Mengen, während sie in den südamerikanischen Vulkanen ein stehender Exhalationsbestandteil ist. An Menge übertrifft der Wasserdampf alle übrigen Ausströmungsprodukte, auch beim gewöhnlichen Zustand der Vulkane; er ist fast allen Exhalationen beigemengt. Bei den Ausbrüchen steigert sich die Menge ganz ungeheuer; der Wasserdampf, der unter außerordentlich hohem Druck emporsteigt, erzeugt dann die oben erwähnten Erscheinungen (Gewitter und Wolkenbrüche). Brennende Gase sind selten beobachtet. Merkwürdig sind die am 3. April 1898 beobachteten Flammen am Vesuv, die mit blasendem Geräusch aus dem mit Trümmern bedeckten Kraterboden 30 bis 50 m hoch empordrangen, während gleichzeitig nur unbedeutende Auswürfe stattfanden. Das Spektrum war ein kontinuierliches, wie dies auch bei den Flammen, die aus den glühenden Laven des Kilauea empordringen, beobachtet wurde. Auch hier ist wohl anzunehmen, daß nicht eine Verbrennung stattfand, sondern die Flammen aus glühenden Gasstrahlen, die von unten her beleuchtet waren, bestanden. Bei der Feuersäule, die unbeweglich bei starker Luftbewegung über dem Krater des Vulkans die Eruption sichtbar macht, steht es ja fest, daß sie durch den Widerschein der glühenden Lava an den emporgeschleuderten festen Teilen (Asche) entsteht (vgl. S. 334).

Eine Verbrennung in größerem Maßstabe findet bei den Vulkanausbrüchen nie statt; der Ausdruck Asche ist ja nur aus dem äußerlichen Vergleich der fein zerteilten grauen Lavamasse mit dem Verbrennungsrückstand entnommen.

In den Exhalationen der Vulkane sind auch die erst kürzlich entdeckten Luft- und Mineralgase, wie in vielen heißen Quellen, gefunden worden, so Helium im Vesuv, Argon in der Solfatara von Puzzuoli (Pozzuoli), hier auch ein neues Gas, Coronium genannt.

β) Lava.

Die feurig-flüssigen Massen, welche die meisten Vulkanausbrüche begleiten, führen den Namen Lava. Die isländischen Vulkane haben ungeheure Massen von Lava gegeben (Skaptar Jökul 1793 einen 75 km langen Lavastrom), dagegen sind bei den Vulkanen Javas Lavaausbrüche selten, es treten dafür Steinauswürfe ein, ebenso bei vielen mittelamerikanischen und südamerikanischen Vulkanen.

Meist tritt die Lava mit einer sehr hohen Temperatur (1270 bis 2000°) aus den Spalten zur Seite des Kraters aus, zuerst als eine leichtflüssige Masse, bald aber bei der Erkaltung zähflüssiger werdend. Hiervon und von der Neigung des Untergrundes hängt die Geschwindigkeit des Fließens ab. Die Vesuvlava erreichte 1805 in drei Stunden das Meer (7 km), die Lava des Ätna (1842) legte zuerst 350,3 m in der Stunde, später kaum $\frac{1}{3}$ m per Tag zurück. Es entsteht am Boden eine Kruste, ebenso bilden sich an der Oberfläche Schollen, die eine zusammenhängende Schicht geben, welche in den Spalten und Rissen die flüssige Lava, die sich in der Tiefe befindet, erkennen lassen. Das Fließen wird allmählich so langsam, daß man sich dem Strom nähern, ja ihn sogar betreten kann. Dies zeigt, daß das Lavagestein die Wärme sehr schlecht leitet; so war die Lava des Ätna 1832 noch nach zwei Jahren

warm und die Lava des Jorullo hatte vom vorigen Jahrhundert her noch 1846 eine merklich wahrnehmbar höhere Temperatur als die Umgebung.

Wenn auch die Schmelztemperatur nur 1000 bis 1100° beträgt, so ist doch sicher aus der anfänglichen Leichtflüssigkeit zu schließen, daß die Lava im Krater bedeutend heißer ist.

Selbst wenn man aber die Temperatur der Lava nur zu 1000 bis 1100° annimmt, findet man unter Berücksichtigung ihrer Wärmekapacität[1]), die 0,25 bis 0,29 beträgt, ungeheure Wärmemengen, welche ein Vulkanausbruch liefert. Beim Ätnaausbruch 1892 betrug die Lava 120 000 000 bis 200 000 000 cbm; ein cbm wiegt ungefähr 1600 kg und so ergiebt sich eine Wärmemenge von 77×10^{12} Kalorien.

Die Lava besteht immer aus Silikaten (kieselsauren Salzen), die, in verschiedenster Weise gemischt, die Beschaffenheit äußerst verschiedenartig machen können. Die Hauptbestandteile der Laven sind Kieselsäure, Thonerde, Kalk, Magnesia, Kali, Natron, Eisenoxydul, Eisenoxyd; man unterscheidet nach Aussehen und Beschaffenheit trachytische (mit etwas mehr Alkali) und basaltische Lava. Die Farbe ist sehr verschieden; grau, schwarz, grünschwarz u. s. w. Die Struktur ist krystallinisch; oft ist die Lava durch den Einschluß von Luftblasen porös, in anderen Fällen schlackig oder steinartig (Steinlava), bisweilen haben sich auch einzelne Krystalle ausgeschieden (Leucit). Zu den lavaähnlichen Gesteinen der neueren Zeit sind auch Bimsstein und Obsidian zu rechnen, die in dem Verhältnisse zu einander stehen, daß Bimsstein ein durch Gasblasen porös gewordener Obsidian ist. Letztere Produkte sind nur von wenigen Vulkanen geliefert, z. B. von denen Islands. Von den Vulkanen der Liparischen Inseln, Islands und beim Krakatoaausbruch wurden ungeheure Mengen von Bimsstein ausgeworfen, während andere Vulkane, wie der Vesuv, gar keinen Bimsstein liefern.

Manche Lavaströme haben 50 bis 200 m Mächtigkeit, oft bedecken sie bankartige weite Strecken und nehmen prismatische Säulenform an, ähnlich wie beim Basalt (Island), meist aber haben sie eine schollenartige oder gekröseartige Oberfläche (Schollen-, Gekröselava). Durch Zertrümmerung der Lava und unter Mitwirkung von Wasser entstehen Tuffe, lockere Massen, die sich immer bilden, wenn geschmolzene Körper in große Wassermassen irgendwie hineinbefördert werden. Sie spielen in früheren geologischen Epochen eine wichtige Rolle.

Manche Laven zeigen auch einen glasartigen Charakter. In dem Lavasee (Feuersee) des Kilauea, in dem jetzt wieder die Lava steigt und fällt, während sie noch vor kurzem (Ende der achtziger Jahre) verschwunden war, bilden sich Lavafontainen; die von dem Winde mit fortgerissenen kleinen Lavamassen spinnen sich wie Glas zu Fäden aus, ein Zeichen, daß die Lava sehr dünnflüssig-glasartig ist. Diese Fäden haben von den Eingeborenen die Bezeichnung „Peles Haar" erhalten.

[1]) Wärmekapacität ist hier die Wärmemenge, welche die Lava aufnimmt, wenn sie um 1° erwärmt wird, sie ist also ungefähr ein Viertel der Wärmemenge, die das gleiche Gewicht Wasser dafür braucht, diese = 1 gesetzt (für 1 kg 1 Kalorie genannt).

γ) Feste Auswurfsprodukte.

Die Lavaströme richten weit weniger Verwüstungen an als die fein zerteilten festen Eruptivstoffe, die vulkanische Asche; Pompeji wurde 79 (24. August) durch den Aschenregen des Vesuv begraben, Herculaneum (Herculanum) ist durch einen Lavastrom vernichtet. Hier haben nachfolgende vulkanische Ausbrüche den Boden so erhöht, daß die alte Stadt 20 bis 35 m tief unter Tuffstein und Lava liegt, wodurch die späteren Ausgrabungen sehr erschwert sind, während sie bei Pompeji leicht durchgeführt werden konnten. Verheerender noch war wohl der Ausbruch des Vesuv vom 16. Dezember 1631, bei dem die nahe liegenden Orte Torre del Greco, Portici u. s. w. zerstört und ungeheure Aschenmengen über ganz Süditalien verbreitet wurden.

Von den festen Auswurfsprodukten unterscheidet man je nach der Größe der einzelnen Teilchen und Teile Asche, Sand, Lapilli oder Rapilli (kleine Steinchen bis zur Haselnußgröße) und Bomben (faustgroß bis zum Inhalt von 20 bis 30 cbm, es sind auch Bomben von über 2000 kg Gewicht emporgeschleudert).

Alle diese festen Produkte sind dem Stoffe nach ebenso wie die flüssigen zusammengesetzt; sie bestehen aus Silikaten von Thonerde, Kalk, Magnesia, den Alkalien und den Oxydationsstufen des Eisens, enthalten auch noch bisweilen etwas Wasser; sie sind Stücke festgewordener Lava.

Die Asche entsteht nach einigen Forschern dadurch, daß die geschmolzene Lava in ähnlicher Weise wie ein hervorgeschleuderter Wasserstrahl zerstäubt, nach andern durch Emporschleudern kleiner Lavateilchen und durch das gegenseitige Abreiben der emporgeschleuderten und wieder zurückfallenden Bruchstücke. Die Aschenmengen bei einzelnen Eruptionen sind sehr bedeutend; diese festen Produkte werden bis zu Höhen von 1300 bis 4000 m emporgeschleudert und durch atmosphärische Strömungen wird dies Material oft viele Meilen weit weggetragen. So fiel die Asche beim Ausbruch des Vatna Jökul 1875 in Skandinavien nieder, die Asche des Ausbruchs des Coseguina 1835 verfinsterte die Gegend in einem Umkreis von 35 Meilen und flog bis Kingston, Jamaika. Die größten Verwüstungen sind durch diese Aschenmengen bei den Eruptionen hervorgebracht; erfolgen gleichzeitig Regengüsse, was bei dem massenweis aus dem Vulkan strömenden Wasserdampf leicht der Fall ist, so werden verheerende Schlammströme entstehen können.

Für die Aschenauswürfe und ihre Ausbreitung mögen nun noch einige Beispiele angeführt und der Ausbruch des Krakatoa 1883, der zu interessanten Erscheinungen Veranlassung gab, kurz erörtert werden. Bei dem Vesuvausbruch 1822 war die Atmosphäre in der nächsten Umgebung (Resina, Torre del Greco, Portici) so verdunkelt, daß Licht am Tage angezündet werden mußte. Die Asche des Ätna wurde oft nach Malta und bis an die Küste von Afrika getragen und die der isländischen Vulkane bis Norwegen, wie schon erwähnt. Der Aschenregen des Vulkans von St. Vincent (Kleine Antillen 1812) zerstörte die ganze Vegetation auf der benachbarten Insel Barbados (auf 16 Meilen herrschte vollständige Verfinsterung). Den größten Aschenregen brachte der Vulkan Temboro oder Tambora (beide Namen sind ge-

bräuchlich) auf Sumbava April 1815 hervor; die bei diesem Ausbruch ausgeworfene Asche wird auf 17 Milliarden Kubikmeter Inhalt berechnet, 46 000 Quadratmeilen wurden mit Asche bedeckt, man hätte aus derselben 185 so große Berge wie den Vesuv bilden können, und die Verfinsterung fand über einen elliptischen Raum statt mit Achsen von 195 und 150 Meilen Länge, während die Verbreitung noch größer war, bis nach Batavia, über 240 Meilen weit.

Daß bei solchen Eruptionen auch Bodenveränderungen eintreten, ist erklärlich. Kratereinstürze und Spaltungen, Erhöhungen und Erniedrigungen sind häufig, äußerst selten aber, fast nie, wird der feste Untergrund, der aus älteren Schichten besteht, beeinflußt, was sich aus der Natur der vulkanischen Ausbrüche erklärt.

Zu den wichtigsten Vulkanausbrüchen aller Zeiten gehört der Ausbruch des kleinen Inselvulkans Krakatoa in der Sundastraße, merkwürdig nicht sowohl durch seine Großartigkeit und Heftigkeit, die einen großen Verlust an Menschenleben herbeiführte, durch die gewaltigen Wasserwellen, welche in der Sundastraße erregt die Ufer von Sumatra und Java überfluteten, als durch die Fülle eigentümlicher Phänomene, welche, durch den Ausbruch hervorgerufen, fast auf der ganzen Erde bemerkbar wurden und sieben Monate lang anhielten.

Die feine Asche des Ausbruchs wurde bis zu großen Höhen emporgeschleudert und breitete sich in den Schichten der Atmosphäre aus.

Nach dem Ausbruche (26. bis 28. August 1883) ging die Sonne des Abends mit eigentümlichen Farben und Ringen umgeben unter (Bishop=scher Ring) und die Wolken schienen prächtig rot gefärbt wie von einer Feuersbrunst oder einem Nordlicht. Die Erscheinung, das „Nebelglühen", wurde in Indien, Europa und Amerika bemerkt und erklärt sich dadurch, daß die feinen Staubteilchen durch die Nebelwolken das Licht zum Teil absorbierten und Interferenzerscheinungen erzeugten. Erst nach vielen Monaten hörten diese Erscheinungen, die matter und matter wurden, auf. Auch nach dem großen Ausbruch auf Island 1783 (Skaptar Jökul) wurde ganz Nordosteuropa mit Nebel überzogen, der eine ähnliche Erscheinung im Gefolge hatte.

Der große Ausbruch des Krakatoa gab noch zu einer anderen hochinteressanten Beobachtung Gelegenheit. Unsere Instrumente, den Luftdruck zu beobachten, sind so genau, daß auch kleine Druckänderungen deutlich beobachtet und gemessen werden können; überall auf der Erde sind jetzt Stationen, die regelmäßig den Luftdruck zu messen haben, und bald nach dem Ausbruch des Krakatoa zeigten sich auch Änderungen, die nur durch eine Luftwelle erzeugt sein konnten, welche durch die Explosion veranlaßt wurde. Es entstehen solche Luftwellen bei jedem explosionsartigen Zurückschleudern der Luft (Thürschlagen); hier war die Erschütterung so heftig, daß die Welle die ganze Erde umlief. Welche Kräfte bei den Explosionen in Wirkung treten, zeigt die Höhe, bis zu welcher die Teilchen emporgeschleudert werden, 3000 m beim Vesuv und beim Krakatoa bis 15 000 m.

Die Berechnung giebt in unserem gewöhnlichen Arbeits= und Kraftmaß ausgedrückt, eine ungeheuer große Zahl. Ist sie doch bei dem kleinen Vulkan

Volcano, der fortwährend in Thätigkeit ist, auf den Liparischen Inseln per Quadratmeter Öffnung zu 11 400 Millionen Meterkilogramm berechnet; da die thätige Öffnung 78 qm hat, kommt man zu der Zahl 890 000 Millionen Meterkilogramm!

Die Auswürflinge des Krakatoa, namentlich auch Bimsstein, bedeckten weite Strecken des Ozeans bis nach den Keeling-Inseln, ja fast bis zu den Maskarenen hin wurden sie bemerkt. Die ungeheure Wasserwelle umrauschte, vom Centrum aus abnehmend, ebenfalls einen großen Teil der Erde. Da solche Flutwellen bei Erdbeben häufig sind, werden sie dort kurz besprochen werden. Die Krakatoawelle verbreitete sich durch den ganzen Indischen Ozean, wurde durch Afrika aufgehalten, erreichte aber noch die Südspitze von Amerika, während nach der anderen Seite hin Australien und die hinterindischen Inseln die Ausbreitung hemmten.

f) Geräusche.

Die Detonationen der Vulkanausbrüche werden im wesentlichen durch die hervorbrechenden, hochgespannten Gase und Dämpfe hervorgebracht. Da der feste Erdboden die Erschütterungen außerordentlich leicht fortpflanzt, so daß man jetzt die Erschütterungen von fernen Erdbeben in Europa nachweisen kann, werden auch die Vulkandetonationen weithin bemerkbar sein; aber auch durch die Luft werden die Detonationen weithin hörbar. Das Geräusch besteht in einzelnen krachenden Schlägen, in donnerähnlichem Rollen oder in einem ununterbrochenen Brüllen. Man hört es weit über 100 Meilen, auf Flächen von Tausenden von Quadratmeilen, wie beim Krakatoaausbruch, wobei öfters angegeben wird, es sei, als ob das Getöse aus der Erde hervordringe, ein Zeichen dafür, daß die Erde die Vermittlerin der Schallübertragung gewesen ist; auch die Beschreibung „unterirdischer Kanonendonner“ bestätigt dies. So wurde 1744 beim Ausbruch des Cotopaxi nördlich 109 Meilen entfernt das Getöse als unterirdischer Donner vernommen. 1835 wurde das Getöse des Ausbruchs des Coseguina (Cosiguina) in Nikaragua, in Kingston auf Jamaika, in Santa Fé de Bogotá, 230 Meilen entfernt (was der Entfernung zwischen Madrid — Berlin entsprechen würde) wie Donner eines Gewitters gehört. Die Stärke der Eruptionen bedingt diese Phänomene; wovon diese abhängen, ist noch nicht ermittelt, jedenfalls aber nicht von der Höhe oder Größe des Vulkans, wie man zeitweise anzunehmen geneigt war.

g) Maare.

Nicht ganz unberührt dürfen die vulkanischen Ausbrüche früherer Epochen bleiben, die uns manchen Aufschluß über die damaligen Verhältnisse geben können. Das Auftreten von Tuffen und Konglomeraten zeigt, daß Wasser in Mitwirkung gewesen ist, vielleicht daß vielfach unterseeische Ausbrüche und Ergüsse stattgefunden haben. Die meisten Vulkane waren homogene Vulkane, aber auch Gebilde von Stratovulkanen, die weniger den atmosphärischen Einflüssen widerstehen konnten, sind aus den letzten Epochen zu uns gekommen. Der schon von Goethe untersuchte Kammerbühl und der

Eisenbühl bei Eger sind Schichtvulkane, und der Aschenberg bei Seilenkopf am Laachersee, bei dem sich vier Eruptionsperioden, denen vier Schichten entsprechen, unterscheiden lassen, ist ebenfalls ein Gebilde der Eruption ähnlich den jetzt beobachteten.

In ganz anderer Weise sind aber der Laachersee und die zahlreichen kleinen Seen in der Eifel hervorgebracht, — diese sind dadurch entstanden, daß ein explosionsartiger Ausbruch ein= oder wenigemal stattgefunden hat; sie bilden kreisrunde Kratertrichter mit nur wenig erhabenem Rand, lassen niemals einen Lavastrom erkennen und zeigen nur wenig aufgeschüttetes Material. Die Trichter selbst sind mit Wasser gefüllt, so daß uns der Krater als ein See mit nicht sehr hoher Umwallung erscheint. Diese Bildungen, (Explosionskrater, Minentrichter, Kesselkrater), Maare genannt, finden sich in großer Zahl in der Eifel (Dauner Maar, Pulvermaar, Weinfeldermaar); auch der Laachersee, der Albanersee und Nemisee sind große Maare. In neuerer Zeit sind solche Explosionen nur selten beobachtet; als Beispiel kann die Explosion am Bandai Sang in Japan gelten, wobei eine echte Maarbildung entstand, auch sonst ist in Japan die Maarbildung sehr häufig. Ebenso finden sich im vulkanischen Gebiete von Urach (Schwäbische Alb) cylindrische Kanäle mit kesselförmig erweiterten Mündungen, die mit Tuffbruchstücken (Breccien) angefüllt sind, seltener mit Basalt. Es ist also zur Bildung von Vulkanen nicht gekommen, und man hat so diese Bildungen Vulkanembryonen genannt.

Mit diesen Maaren sind die eigentlichen Kraterseen nicht zu verwechseln. Dieses sind Seen, die sich durch Wasseransammlungen in den Kratern erloschener Stratovulkane gebildet haben, besonders zeigen die erloschenen Vulkane der Felsengebirge in Amerika oft diese Bildungen, die dann von hoher landschaftlicher Schönheit sind, wie der erst kürzlich entdeckte Oregon= oder Mazamasee (auf der Höhe der Cascade Range, in 2000 m Höhe).

h) Theorie des Vulkanismus.

Man mag eine Theorie des Vulkanismus annehmen, welche man will, das eine muß als Thatsache aus der vulkanischen Thätigkeit gefolgert werden, daß eine sehr hohe Temperatur im Erdinnern der vulkanischen Gegenden, der vulkanischen Herde, vorhanden ist.

Manche nehmen an, daß die Vulkane Schlote (Spalten) sind, die bis zum feurig=flüssigen Erdinnern oder Erdkerne herabreichen, welches durch diese „Sicherheitskanäle oder Sicherheitsventile" von Zeit zu Zeit empordringe; andere meinen, daß dieser feurig=flüssige Zustand mehr lokalisiert sei und das Magma, wie man die zähflüssige, geschmolzene Masse nennt, linsen= oder bandförmig unter den Vulkanherden angesammelt sei. Jedenfalls spricht bei Hebung der flüssigen Masse der Wasserdampf in vielen Fällen mit; das Wasser kann bis zu ziemlich großen Tiefen vordringen und der Wasserdampf hätte, wenn man die Temperaturen nach dem oben (S. 304) angenommenen Temperaturzuwachs annimmt, bei einer Tiefe von 4 Meilen eine Temperatur von 1000° mit einer Spannung von 1877 Atmosphären (nach anderen über 3416

Atmosphären), wenn ihm ein freier Austritt nicht gestattet ist. Er müßte also einen ungeheueren Druck ausüben und wäre wohl imstande, die für die Vulkanausbrüche erforderliche Kraft abzugeben. Auffallend ist auch, daß die Vulkanspalten und -reihen sich in verhältnismäßig geringer Entfernung vom Meere befinden und daß selbst im Innern Asiens die dort beobachtete vulkanische Thätigkeit (Demawend) dem großen jetzigen bezw. ehemaligen Wasserbecken benachbart ist; vielleicht sind Nachrichten über die vulkanische Thätigkeit nördlich von Lob Nor (Vulkan Hotscheu) z. T. auf Erdfeuer zurückzuführen, da die Hoschangs und Hotsings (Feuerbrunnen) in China (Yünnan) außerordentlich häufig sind. Die ungeheueren Mengen von Wasserdampf bei vulkanischen Ausbrüchen scheinen ebenfalls dafür zu sprechen, sowie die Kochsalzexhalationen. Auffallend ist, daß bei einigen Vulkanen, z. B. den Vulkanen der Hawaii-Inseln, der Wasserdampf eine untergeordnete Rolle spielt, trotz der Nähe des Meeres, und daß dort auch die Sublimationen von Kochsalz, die z. B. am Vesuv so außerordentlich häufig sind, fehlen. Überhaupt bleibt die Annahme, daß das Wasser bis zu großen Tiefen vordringt und dann als Dampf das Magma emportreibt, gewagt, da das Wasser schon lange, ehe es in jene Tiefen kommt, in Dampf verwandelt sein müßte.

Von atmosphärischen Einflüssen sind die vulkanischen Ausbrüche unabhängig; heftige Regenschauer dringen nur wenig tief ein und die Änderungen des Luftdruckes stellen so geringe Gegendruckänderungen vor, daß dadurch ein Heben der Lava nicht herbeigeführt werden kann; höchstens könnte ein stärkeres Entweichen der in den oberen Schichten eingeschlossenen Gase und Dämpfe aus dem Magma stattfinden. Auch die Vergleichung der Häufigkeit der Vulkanausbrüche, die nirgends eine Periodicität zeigen, mit den Sonnenfleckzahlen oder mit anderen kosmischen Verhältnissen zeigt keinerlei Beziehung.

Man sollte aber überhaupt vermeiden, aus rein zufälligem Zusammentreffen von Erscheinungen, das die Statistik giebt, auf Ursache und Wirkung zu schließen, wenn die Möglichkeit eines solchen Zusammenhanges gar nicht vorliegt.

Da alle diese Erklärungen nicht recht befriedigen, hat man noch andere Theorien aufgestellt. Die chemischen Theorien, nach welchen die erhöhte Temperatur und die dadurch hervorgerufenen Vulkanausbrüche aus Verwitterung von Eisenkies oder infolge von Einwirkung von Wasser auf Alkalimetalle (Natrium) erklärt wurden, sind als ganz unhaltbar verlassen, während die Theorie, nach der die Wärme durch Kontraktion der Erdrinde beim allmählichen Erkalten hervorgebracht wird, zwar die Wärmequelle und Entstehung des Magmas, das die Gase enthält, erklärt, aber nicht hinlänglich darthut, wie die einzelnen Eruptionen und das Emporpressen der Lava zustande kommen; die Explosionen und Erderschütterungen, das Herausschleudern der festen Stoffe werden immer noch durch den Durchbruch des Wasserdampfes oder anderer hochgespannter Gase erklärt werden.

Man macht auch wohl die Annahme eines weiter verbreiteten Magmas, das von vornherein eine große Menge von Gasen enthält, da die ungeheueren Massen von Gasen wie die Kohlensäure nicht aus der Lösung in Wasser herstammen können. Manche sehen daher von dem Magma überhaupt ab und

glauben, daß bei der durch die Kontraktion verursachten Zertrümmerung des Gesteins und Reibung der Teile gegeneinander eine so hohe Temperatur entstand, daß Gesteinsschmelzungen (also ein sekundärer Prozeß) lokal stattfanden.

Doch es würde zu weit führen, alle Theorien auch nur kurz darzulegen, nur darauf mag hingewiesen werden, daß trotz der Großartigkeit und der Gewaltigkeit der Erscheinung der Vulkanausbrüche die Änderungen, die sie hervorbringen, immer lokaler Natur sind, während in den früheren Perioden der Erdentwickelung durch das Herausdringen der basaltischen und granitischen Massen weitere Länderstrecken bedeckt wurden. *Eine Zerstörung ganzer Formationen durch vulkanische Ausbrüche*, wie manche anzunehmen geneigt waren, *hat aber nie stattgefunden.*

Selbst die gewaltigsten Ausbrüche der Jetztzeit, die die Gemüter der Menschen tief erregen, hinterlassen nur wenig dauernde Spuren. Die Entstehung kleiner Inseln, Ferdinandea 1831, zwischen Sizilien und Afrika, bei Santorin, beim Krakatoaausbruch, Einsturz von Kratern, Spaltung von Bergen werden bald unscheinbar und vermögen keine bedeutende Änderung in der Physiognomik der Erdoberfläche hervorzubringen. Nur die Lavaströme und Aschenlager und Auftürmungen vulkanischer Produkte in der Nähe der Eruptionscentren zeigen dauernde Bildungen, aber keine kommt auch nur annähernd den Erscheinungen gleich, wie sie stattgefunden haben müssen bei den deckenartigen Basaltergüssen in Irland und im Dekhan; auch hier aber sind Hebungen ganzer Länderstrecken durch die vulkanische Thätigkeit nicht nachweisbar und man kann wohl behaupten, daß die eigentliche Eruptionsthätigkeit nicht die Gebirgsbildung und Störung in der Lagerung der Schichten im großen hervorgerufen hat, während durch sie natürlich in einzelnen Gegenden Niveauerhöhungen erzeugt sind.

Die Thätigkeit der jetzigen Vulkane im einzelnen historisch oder in der Gegenwart zu schildern, kommt den Werken über Vulkanologie zu. Verhältnismäßig sind die Eruptionen selten, und manche Jahre vergehen, ohne daß von irgend einem Vulkan der Erde besonderes zu berichten ist. Es sind dann eben nur die gewöhnlichen Spuren der Thätigkeit, erhöhte Temperatur, Exhalationen von Gasen und Dämpfen, Bildung von Sublimationen, bisweilen kleine Steinauswürfe oder Hebungen und Senkungen der Lava bemerkbar. Um aber für die oben vorgeführte Gesamtdarstellung der Eruptionserscheinungen einige Beispiele zu geben, mag für die letzten 25 Jahre von 1873 an ein Überblick über die wichtigsten Erscheinungen mit kurzen Bemerkungen folgen, ähnlich wie nachher die Erdbebenerscheinungen, die ungleich häufiger sind, in einem entsprechenden Überblick dargestellt werden sollen.

i) Übersicht über die Vulkanausbrüche seit 1873.

Das Jahr 1873 war sehr arm an vulkanischen Ausbrüchen; im Mai und Oktober zeigte der Vesuv eine lebhaftere Thätigkeit, so daß man einen stärkeren Ausbruch prophezeite, der aber nicht eintraf. Der Ausbruch des Izalco in Mittelamerika, des Skaptar Jökul auf Island und St. Vincent in Chile verlief ohne große Katastrophen, doch begann schon Ende des

Jahres, im September, die Eruptionsperiode von Volcano, Liparische Inseln, die bis Ende Oktober 1874 andauerte; auch die beiden anderen italienischen Vulkane zeigten größere Thätigkeit, der Vesuv im Juli und beim Ätna fand gleich darauf, vom 29. August bis 12. September, eine bedeutende Eruption statt, bei der ein 4000 m langer und 180 m breiter Lavastrom von ca. 2 m Dicke sich ergoß. — Die Eruptionen außereuropäischer Vulkane gelangen nur teilweise zu unserer Kenntnis; bedeutender war nur die Eruption des Ruwani (bei Celebes) 1874, während 1875 bedeutende Thätigkeit des Tongariro auf Neuseeland, bei der sich die Geysirthätigkeit ungeheuer steigerte, des Kloët auf Java (3. Februar 1875) und gleichzeitig des Ceboruco in Mexiko zu verzeichnen sind. Der erstere Ausbruch war dadurch wichtig, daß sich ein Lavastrom ergoß, während sonst die javanischen Vulkane gewöhnlich keine flüssigen Eruptionsprodukte geben. Auch die Thätigkeit des Ätna war 1875 eine lebhaftere. Im Februar (am 18.) desselben Jahres fand ferner einer der größten Lavaergüsse statt, in einer ganz unbewohnten Gegend Islands; im Gebiet des Myvatn Oraefa ergoß sich ein Lavastrom von ca. 300 000 000 cbm Inhalt, die Länge wird auf 12 engl. Meilen (1 Meile = 1609 m) angegeben, die Lava war, was auch verhältnismäßig selten, basaltischer Natur und drang aus einer bis 10 m breiten Spalte hervor.

Das Jahr 1876 war fast frei von Eruptionen; am stärksten war der Mauna Loa in Bewegung, auch die Schlammvulkane am Kaspischen Meere zeigten Eruptionen. 1877 (26. Juni) fand ein großer Ausbruch des Cotopaxi (5730 m) in Quito statt; ungeheure Lavamassen (10 000 000 cbm) traten zu Tage, auch bildeten sich große Schlamm- und Wassermassen durch das Schmelzen des den Berg bedeckenden Schnees. In den Gasexhalationen trat nach späteren Untersuchungen Chlorwasserstoffsäure auf dem Gipfel auf, während schweflige Säure und Schwefelwasserstoff sich in tieferen Regionen fanden. Eigentümlich war, daß man die Detonationen in der Nähe des Kraters nicht, wohl aber in der Ferne hörte. Am Schluß des Ausbruchs folgte ein großer Aschenregen (Plagioklas, Amphibol, Magneteisenkörnchen), die Lava zeigte später Wasserdampf und Luftexhalationen; auch starke elektrische Entladungen fanden statt, so daß dieser Vulkanausbruch alle typischen Phänomene darbot. Im ganzen sind aus dem Jahre 1877 fünf Eruptionen bekannt geworden, während aus 1878 zwölf Nachrichten vorliegen; es waren vor allem die isländischen Myvatnvulkane und der Hekla, sowie die Vulkane auf den Alëuten thätig.

Auch 1879 war die Eruptionsthätigkeit der Vulkane gering; hervorzuheben ist die Bildung des neuen Vulkans im See Ilopango in San Salvador, 20. Dezember 1879 bis Ende Januar 1880, sonst zeigten noch der Ätna und der Merapi Eruptionen. Bei ersterem wurde 1880, um die Thätigkeit kontrollieren zu können, das Ätnaobservatorium gegründet. Am 4. Januar 1880 fand eine Eruption des Vulkans von Dominika (engl. Antillen) statt; La grande Soufrière gab große Staub- und Aschenmengen (mit Sanidin, Gips, Schwefelkies u. s. w.). Eigentümlich war, daß weder Erschütterungen noch Detonationen stattfanden; Schwefel und Schwefelverbindungen drangen in großen Mengen aus den Solfataren hervor. Am 5. November 1880 fand am Mauna Loa eine bedeutende Eruption statt. Der Lavastrom legte ca. 64 km

zurück und war sehr leichtflüssig, die Lava war glasartig, die Geschwindigkeit war Ende Juni 1881 noch 23,6 m die Stunde.

Auch die folgende Zeit zeigte keine bedeutenden Ereignisse, dagegen wird das Jahr 1883 ewig denkwürdig in der Geschichte des Vulkanismus sein. Der schon mehrfach erwähnte Ausbruch des Krakatoa in der Sundastraße (26. bis 28. August) und des Mt. Augustin in Alaska (6. Oktober 1883) gehören zu den großartigsten Eruptionen, die die Erde je gesehen. Dazu waren die erörterten Begleiterscheinungen (Aschenauswürfe, farbige Sonne und Abendglühen, ozeanische Wellen, barometrische Schwankungen) so eigentümliche, daß die betreffenden Phänomene auf der ganzen Erde verfolgt wurden und allen denen in Erinnerung bleiben werden, die damals Gelegenheit hatten, sie zu beobachten. Die europäischen Vulkane waren ruhig und von den sonst beobachteten fünf Eruptionen ist nur die des Omotepec im Nikaragua-See mit großen Lavamassen hervorzuheben. 1884 und 1885 zeigten Vesuv und Ätna schwache Thätigkeit, in der Sundastraße fanden kleine Nacheruptionen statt, während 1886 (10. Juni) der große Tarawera-ausbruch (Neuseeland) eintrat, der die herrlichen Sinterterrassen der neuseeländischen Geysire (am Rotomahana-See) zerstörte. Von da ab ist die spätere Zeit verhältnismäßig frei von bedeutenden Ausbrüchen gewesen. Sieht man ab von dem Ausbruch des Bandai San[1]) in Japan, 15. Juli 1888, bei dem durch einen explosionsartigen Ausbruch ein Teil des Berges abgesprengt wurde (ein Würfel von 1065 m Kante und 30 520 000 000 Tonnen Gewicht) und von der verschiedentlich stark gesteigerten Thätigkeit des Vesuv[2]) und Ätna, so sind keine bemerkenswerten Vorkommnisse der vulkanischen Thätigkeit zu verzeichnen, doch wäre hinzuweisen auf das Verschwinden des Feuersees (Lavasees) des Kilauea, des Halemaumau, der sich März 1891 entleerte, später wieder hervortrat und 1893 bedeutend anwuchs, ferner auf den Ausbruch des Calbuco (23. Oktober 1893, Valdivia). Der Lavasee des Kilauea hat offenbar unterirdische Zu- und Abflüsse, die den Stand bedingen, auch zeigen das schon erwähnte Fehlen des Wasserdampfes bei den Hawaiivulkanen, die Leichtflüssigkeit der Lava und ihre glasartige Beschaffenheit, daß die vulkanischen Herde der dortigen Gegend besondere Verhältnisse darbieten. In neuester Zeit, 1899, ist der Mauna Loa in die lebhafteste Thätigkeit getreten, die Asche wurde zu einer so großen Höhe emporgeschleudert, daß sie in den oberen Passat geriet, wie bei dem Coseguinaausbruch (vergl. oben, S. 314).

Jetzt erstrecken sich die Spezialstudien nicht nur wie früher auf die europäischen Vulkane, namentlich den Vesuv und Ätna, deren Verhältnisse als

[1]) In neuester Zeit soll in der Nähe ein plötzlicher heftiger Ausbruch des Adsuma stattgefunden haben.

[2]) Ein starker Vesuvausbruch fand 1889 (April, Mai) statt, dem schon 1885 eine starke Eruption vorausgegangen war. Seit Anfang der neunziger Jahre ist er überhaupt in lebhafter Thätigkeit, namentlich ist der Ausbruch von 1895 hervorzuheben, der eine interessante Periode der Vesuvthätigkeit einleitete, so daß man wohl den Ausdruck, der Vesuv befinde sich seit Mitte der achtziger Jahre im Zustande der Erregung, rechtfertigen kann. 1892 war auch der Ätna thätig (vergl. die besondere Darstellung, S. 336).

typische angenommen wurden, sondern auf die Vulkanbildungen aller Zeiten und aller geologischen Epochen; auch wird an manchen Vulkanen durch besondere Observatorien (Vesuv, Ätna) oder durch besondere Registrierungen (wie beim Colima in Mexiko) fortlaufend Material geliefert.

So hat das Studium der mächtigen Vulkane Ecuadors, wo augenblicklich nur noch vier von den 41 Vulkanen in Thätigkeit sind (Cotopaxi, Tunguragua, Sangay und der fünfgipflige Pichincha) zu einer neuen Einteilung der Vulkane geführt, der die Art und Weise der Entstehung (genesis) zu grunde liegt: A. Stübel unterscheidet[1]):

I. Vulkane monogener Entstehung (ca. 60):

1) Gegliederte Kegelberge (mit und ohne Gipfelkrater und Centralpyramide) 2) Caldera-(Kessel-)Berge; die Umwallung des Kraterkessels ist durch ein Entwässerungsthal eingekerbt (mit und ohne Eruptionskegel für die Caldera). 3) Domberge (ohne Krater: Chimborazo). 4) Nicht typisch geformte Vulkanberge und Berggruppen (kein einheitliches Eruptionscentrum). 5) Parasitische Nebenberge und -kegel (ein Teil gleichaltrig mit dem Hauptberge, ein anderer viel jünger, immer aber noch vorhistorisch). 6) Jüngere Lavaströme.

II. Vulkane polygener Entstehung mit erkennbar monogenem Kernbau: Cotopaxi, Tunguragua, Sangay.

Die schon früher erwähnte Unterscheidung homogener und Stratovulkane wird also verworfen und dafür eine solche monogener und polygener Vulkane in Vorschlag gebracht. Danach sind also:

Monogene Vulkanberge solche, welche einem einmaligen Ausbruch ihre Entstehung verdanken; die Dauer der Entstehung kann Jahrzehnte, ja Jahrtausende währen. Der Aufbau wurde vollendet, bevor die Erkaltung der emporgedrungenen Masse weit genug vorgeschritten war, um die Beweglichkeit derselben zu hemmen. Der monogene Vulkanberg ist entweder durch Übereinanderfließen nachdringender Schmelzmassen oder durch Einpressen des nachdringenden Magmas in die noch weiche Masse oder durch beides entstanden.

Polygene Vulkane sind durch allmähliche intermittierende Thätigkeit aufgeschüttet, — hier ist ein Krater Notwendigkeit, bei den monogenen Vulkanen nicht. Charakteristisch ist die Kegelform.

Es ist wohl keine Frage, daß die vulkanischen Kräfte an Intensität verloren haben, daß wir in einer geologischen Periode sind, in welcher dieselben nur selten noch große Katastrophen hervorbringen.

Ein feurig-flüssiges Erdinnere anzunehmen, mit dem die jetzigen Vulkane in Verbindung stehen, ist nicht mehr thunlich, es scheint am richtigsten, Schmelzherde oder lokale Ansammlungen anzunehmen. Ob die Voraussetzung zutrifft, daß tiefer hinabgehende Spalten und Kanäle nicht vorhanden sind (Spaltentheorie), sondern daß durch Erstarren der Lava und durch diese Volumenvermehrung und den Gasgehalt Überflutungen der Lava in den Schmelzherden stattfinden und dadurch die Eruptionen hervorgebracht werden, muß die spätere Entwickelung der Vulkanologie zeigen, jedenfalls giebt es eine Reihe Vulkane (Explosionskrater), bei denen die Durchbruchsröhren erst später gebildet sind.

---

[1]) In seinem großen Werke „Die Vulkanberge Ecuadors“.

Anhang zum Abschnitt Vulkane.

I. Einzelthatsachen.

Einige der zuvor in der kurzen Darstellung gegebenen Thatsachen mögen im folgenden durch Einzelangaben ergänzt und belegt werden. Die

Beschaffenheit der Krater

ist eine sehr verschiedene, sie ist unabhängig von der Höhe der Vulkane, auch steht die Tiefe der steilabfallenden Wände, die oft von zackiger Lava gebildet werden und unzugänglich sind, in keiner gesetzmäßigen Beziehung zur Häufigkeit und Stärke der Ausbrüche, die oft Veränderungen, wie Einstürze, Spaltung, Aufschüttung parasitischer Kegel herbeiführen. Einige Kraterverhältnisse zeigt die nachstehende Übersicht.

	Höhe des Vulkanberges	Krater-Durchmesser	Tiefe
Volkano	408 m	1000 m	200 m
Kilauea	1216 „	5565 „	333 „
Pic Teyde	3800 „	200 „	40 „
Mauna Loa	4230 „	2300 „	400 „
Ätna	3310 „	1600 „	100 „
Toluca in Mexiko	4743 „	1000 „	383 „
Popocatepetl	5542 „	1666 „	333 „
Pichincha	5883 „	1666 „	500 „

Den größten Krater besitzt der Gunung Tengye (Tengger, Semeru) auf Java mit einem Krater-Durchmesser von einer deutschen Meile (vgl. oben S. 319).

Die Krater verändern sich außerordentlich oft, fast nach jedem größeren Ausbruch; sie nehmen an Höhe zu oder ab, ja in einzelnen Fällen ist der Einsturz des Kraters beobachtet. Man unterscheidet wohl: Aschenkrater, Lapillikrater, gemischte Krater und Felskrater (Orizaba), die letztgenannten sind die beständigsten.

Wenn ein Einsturz eines Kraters erfolgt ist, sich dann ein kleinerer an einer Stelle des alten Kraters gebildet hat, der alte Kraterring aber zum Teil noch vorhanden ist, so erscheinen die Berge der Gestalt nach zweigipflig (Vesuv). Noch andere Vulkane sind sargähnlich (Tancuban Prau in Java), andere ganz unregelmäßig gestaltet (Pichincha ähnlich einer zackigen Mauer); glockenförmige Dome zeigen öfters ruhende oder wenig thätige Vulkane (Chimborazo, Ararat, Kasbek).

Durch die hohe Temperatur in den Kratern der thätigen Vulkane und der bei einem Ausbruch zu Tage kommenden Laven bilden sich Sublimationen und neue Mineralien wie in einem Hochofen. Durch Einwirkung der Laven

auf organische Substanzen entsteht Salmiak, Kochsalz sublimiert, zum Teil wohl herrührend aus dem Meerwasser. Durch Einwirkung von Wasserdampf auf Eisenchlorid entsteht Salzsäure und Eisenoxyd (Oligist) und unter Einfluß des Schwefeldioxyds auf die benachbarten Gesteine bilden sich die verschiedensten Sulfate. Im folgenden sind einige im Vesuv beobachtete Mineralien zusammengestellt.

Einzelne Mineralien, die in Kratern beobachtet sind.
(Vesuv ca. 70.)

Cupromagnesit $Cu Mg So_4 + 7H_2O$.
Erythrosiderit $Fe_2 Cl_6 4KCl + 2H_2O$.
Chlorkupfer $Cu Cl_2$.
Eisenoxychlorid $Fe_2 O_3 Fe_2 Cl_6$.
Salmiak $NH_4 Cl$.
Alaun (durch Einwirkung von schwefliger Säure auf feldspathhaltiges Gestein entstanden).
Anhydrit $Ca SO_4$.
Kochsalz $NaCl$.
Oligist $Fe_2 O_3$, (durch Umsetzung von Eisenchlorid und Wasser).
Cotunnit $PbCl_2$.
Tenorit $Cu O$.
In den Exhalationen Fluorwasserstoffsäure und Borsäure.
Atelit $Cu Cl_2 2 Cu O 3H_2O$.
Chlorcalcit $CaCl_2$.
Pyroxen $Si O_3$ (Ca, Mg, Fe).
Alit (KCl, NaCl).
Magnetit $Fe_3 O_4$.

Besonders reiche Ausbeute an Neumineralien ergab der Vesuvausbruch 1872, namentlich fanden sich dabei in den Auswürflingen viele Silikate: Leucit, Tridymit, Augit, Hornblende, Glimmer, Sodalith, Cavolinit (Sommit) zur Nephelingruppe gehörig; Nephelin und Elaeolith $4 [Na K]_2 O$, $4 Al_2 O_3$ $9 Si O_2$ (mit etwas $Ca O$) (hexagonal), Granat, Sanidin, Sphen u. s. w. Die Analyse der Vesuvasche von 1872 ergab:

Kieselsäure	47,53 %	Magnesia	3,33 %
Thonerde	24,95 %	Kalk	12,85 %
Eisenoxyd	4,40 %	Kali und Natron	1,41 %
Eisenoxydul	3,60 %	Phosphorsäure	0,90 %

Auch Erdbrände, bei denen ja gleichfalls eine hohe Temperatur entsteht, bewirken Mineralbildung; so entsteht Magneteisen aus Eisenspat.

Thätigkeit des Vesuv.

Wichtige Eruptionen vor 1872: 79 (Zerstörung von Pompeji, Herculaneum und Stabiä), 203, 472, 512, 685, 982, 1036, 1139, Pause, 1631 (starker Ausbruch), 1638, 1660, 1680, zahlreiche Eruptionen bis 1790; 1794 (Torre del Greco zerstört). Im 19. Jahrhundert viele Ausbrüche: 1804, 1822, 1831, 1839, 1850, 1855, 1857, 1868, 1872.

Thätigkeit nach 1872. Seit dem großen Ausbruch des Vesuv 1872, der als heftiger seitlicher Ausbruch mit großem Lavaerguß sich charakterisiert, war die Thätigkeit bis zum Jahre 1890 keine hervorragende. Dann begann eine neue großartige Ausbruchsperiode. Der Ausbruch vom 7. Juni 1891 bis 3. März 1894 lieferte eine solche Lavamenge, daß dadurch das Aussehen des Atrio di cavallo geändert wurde, und ferner zeigte die Ausbruchsperiode von 1895 an, die eigentlich noch nicht abgeschlossen ist, in manchen Punkten große Eigentümlichkeiten. Sie begann am 3. Juli 1895 mit einem seitlichen Ausbruch, der aber einen explosiveren Charakter hatte als die sonstigen Aus-

brüche. Der Spalt blieb offen und aus dem hervordringenden Magma entwickelte sich eine große Menge von Gasen und Dämpfen, auch wurden viele Vesuvmineralien, deren jetzt ungefähr 70 bekannt sind, beobachtet: Alit, Tenorit, Natriumbikarbonat u. s. w., außerdem die unter der Einwirkung der massenhaften Exhalationen, die immer Salzsäure, Schweflige Säure, Schwefelwasserstoff, Kohlensäure, Schwefeldampf enthalten, gebildeten: Gips, Sulfate und Chloride des Eisens und Kupfers (Erythrosiderit), Chloride und Sulfate von Natrium und Kalium, Oligist u. s. w.; auch Selen, Fluorwasserstoff und sogar Jodwasserstoffsäure und Bromwasserstoffsäure, sowie freies Jod wurden bemerkt.

Wichtig waren die Flammenerscheinung im April 1898, und die Hebung der gewaltigen Lavakuppe, die sich bei dem seitlichen Ausfluß gebildet hatte, von innen heraus. Die Lavakuppe ist 163 m hoch und der Lavaerguß bedeckte 29 □km, die Gesamtmenge der Lava wird auf 125 Millionen Kubikmeter angegeben. Dieser neue Kegel befindet sich zwischen dem Observatorium und dem Hauptkegel und hat wie der Erguß der Lava von 1894 die Orographie des Berges wesentlich geändert. Eine nähere Beschreibung der so seltenen Flammenerscheinung (S. 321) ist im Folgenden gegeben.

Vielfach ist das Auftreten eigentlicher Flammen bezweifelt. Nach der Eruption vom 3. Juli 1895 und den späteren Umänderungen des Kraters, bei welchen der Kraterboden durch einen Einsturz mit Trümmermaterial bedeckt wurde, wurden zwischen demselben Flammen von einigen Metern Höhe, blaugrün, bemerkt, weiter im Innern waren Anfang 1898, zweite Hälfte April, blasende Flammen von 30 bis 50 m Höhe von gelblicher Farbe mit roten und violetten Strahlen gesehen worden. Zu dieser Zeit fanden nur unbedeutende Auswürfe statt. Folgende Schlüsse wurden gezogen:

1) Der größere Teil der in dem vulkanischen Magma eingeschlossenen gasigen Stoffe hat die Fähigkeit, Flammen zu erzeugen.

2) Die kleinen Flammen im Vesuvkrater sind viel dauerhafter als jene großen, welche ohne Unterbrechung nicht länger als 19 und nicht weniger als 15 Tage gedauert haben und schließlich sich zu kleinen, stillen wie dunstigen reduzierten.

3) Das komplizierte Phänomen, dessen interessanteste Äußerungen die Flammen sind, hat sich nicht wieder gezeigt oder ist wenigstens am Vesuv in den voraufgegangenen 84 Jahren nicht beobachtet worden.

4) Das Spektrum dieser Flammen ist ein kontinuierliches, wie dies auch bei den Flammen über den glühenden Laven des Colima beobachtet worden.

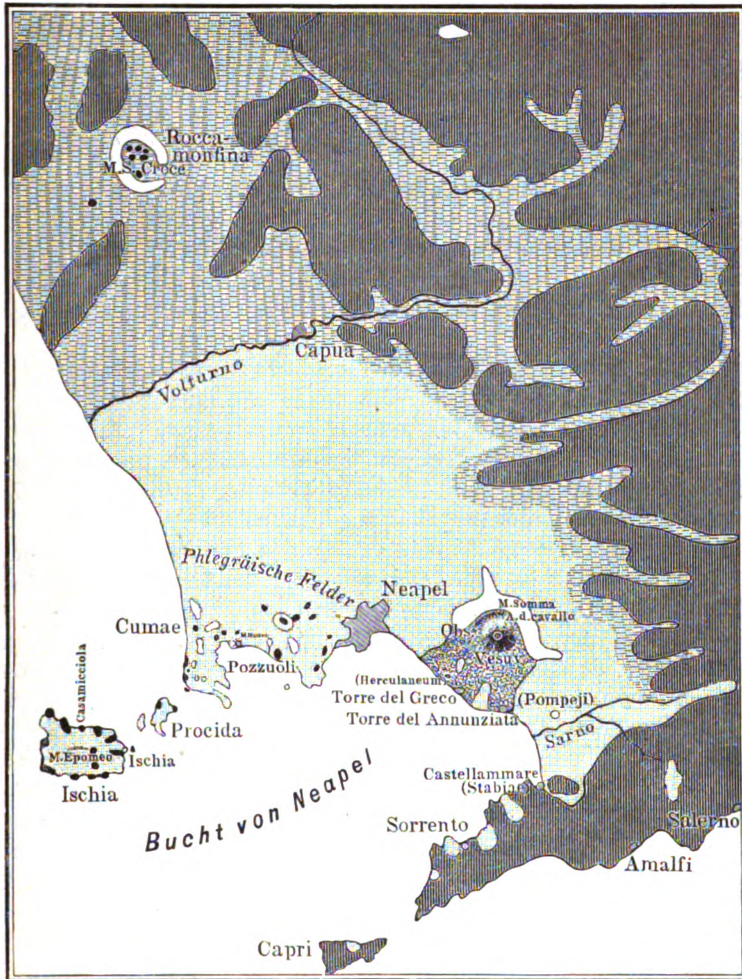
Viele meinen, daß die Flammen nicht durch Verbrennung von Eruptionsgasen, sondern durch das Austreten glühender Gasstrahlen, die unter erhöhtem Drucke und gesteigerter Temperatur emporgetrieben waren, zu erklären seien. Auch beim Ausbruch von Santorin 1866 wurden Flammen beobachtet.

Die geologischen Verhältnisse der vulkanischen Umgebung am Vesuv werden durch nachstehende Karte (Fig. 201) übersichtlich wiedergegeben.

Die Roccamonfina ist ein alter erloschener Vulkan, kegelförmig, mit einem weiten Krater, in der Mitte befindet sich ein domförmiger Hügel, Monte Santa Croce (Seehöhe 1006 m). Der Kern besteht aus Trachyt; das

Kesselthal hat einen Umfang von sieben bis acht Meilen, in ihm liegt die Ortschaft Roccamonfina.

Fig. 201.



Karte der Umgegend von Neapel.

Apenninenkalk. — Trachyt. — Neuere Laven des Vesuv. — Ältere Laven (Leucitophyr) der Somma u. Roccamonfina.

Älterer Bimssteintuff der Terra di Lavoro. — Bimssteintuff der Campagna.

Der Tuff geht ziemlich tief hinab. Bei einer Bohrung wurden 78,5 m Tuff gefunden, dann 53 m Konglomerate mit Mergel und zuletzt folgten 98 m Mergelschichten mit Seemuscheln, wechsellagernd mit Tuff (zusammen 229,5 m).

Thätigkeit des Ätna.

Wichtigste Eruptionen vor 1873: 475 v. Chr., 425 v. Chr., 135 v. Chr., 125 v. Chr., 44 v. Chr.; — 40 n. Chr., 252, 420, 812, 1169, 1329, 1537, 1669 (die stärkste Eruption), 1766, 1787, 1809, 1811, 1819, 1832, 1852, 1853, 1863, 1865.

Thätigkeit seit 1873. Bis Ende der siebziger Jahre hatte der Ätna nur zwei bemerkenswerte Ausbrüche, 1874 und 1879. Der Ausbruch 1878 am 22. und 23. September war ganz unbedeutend; in der Nähe des Ätna fand 1878 ein Schlammausbruch statt, wie sie am Ätna häufig sind. Die Salinella am Fuße des Ätna bei Paterno ist eine Schlammfumarole (vergl. Absch. Schlammvulkane).

Der Ätna, der älteste Vulkan, von dem wir Nachrichten haben, hing und hängt in seiner Thätigkeit mit dem Vesuv gar nicht zusammen, beide besitzen besondere vulkanische Herde. Bei der großen Höhe des Berges mußten beim Ätna die Ausbrüche aus seitlichen Spalten häufiger sein, wie es seit den letzten Jahrzehnten der Fall ist. Der Hauptkegel vermag dem Druck der Lava gegen die Seitenwände nicht mehr zu widerstehen und es erfolgen Seitenausbrüche, die sich auch bei dem Vesuv in so auffallender Weise gezeigt haben. Wie der Vesuv, so zeigte auch der Ätna bei den letzten Ausbrüchen ein erhöhtes Auftreten der Gasexhalationen.

Der Ausbruch von 1874 dauerte vom 29. August bis 12. September; ein 180 m breiter Lavastrom ergoß sich aus der seitlichen Spalte. Ferner war einer der merkwürdigsten Ausbrüche der vom 26. Mai 1879. Die Ausbruchsspalte durchsetzte den ganzen Hauptkrater, sie bildete sich in ziemlicher Höhe und die Lava ergoß sich in drei Strömen, dabei floß sie über Schnee fort, der nicht geschmolzen wurde, da Lava ein außerordentlich schlecht leitender Körper ist. Auffallend war die Bildung von zehn Nebenkratern; der größte hatte 200 m Durchmesser bei 25 m Tiefe, wie denn der Ätna außerordentlich zur Bildung solcher Nebenkrater neigt; sind doch die Monti Rossi als ebensolche aufzufassen. Auch waren die Gasausströmungen außerordentlich stark, die Fumarolen enthielten große Mengen Salzsäure und Kohlensäure. Auch hier hat sich eine große Menge von Ätnamineralien gebildet.

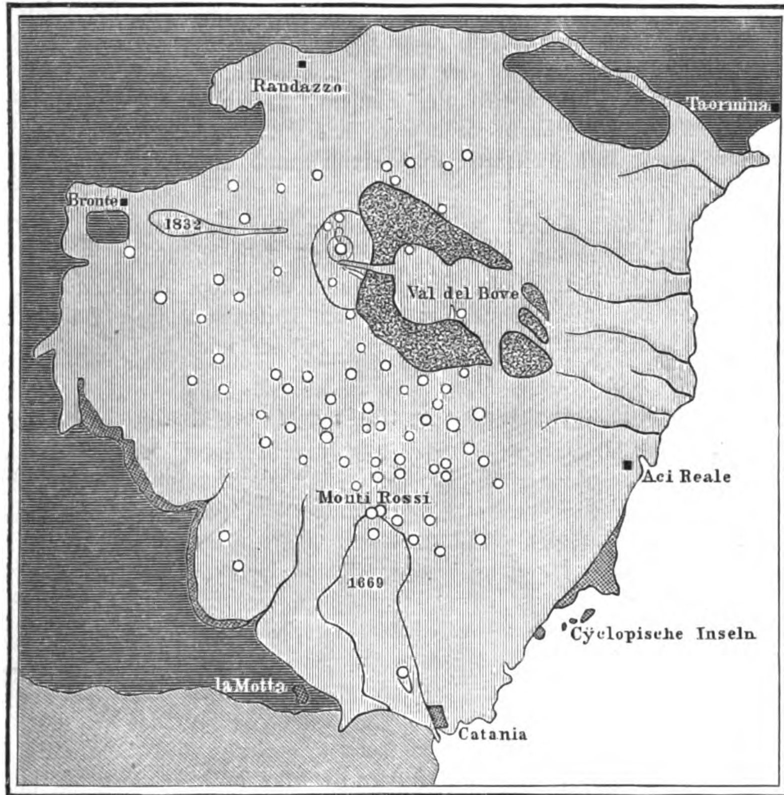
Von den späteren Ausbrüchen ist, nachdem am 22. März 1883 und 1884 die Thätigkeit sich etwas gesteigert hatte, vor allem der vom 14. Mai 1886 zu nennen; man kann die Jahre 1883 bis 1886 als eine Eruptionsperiode auffassen. Die Lava brach aus seitlichen Spalten aus und wird auf 66 000 000 cbm geschätzt. Bei diesem Ausbruch wurden Asche, Sand und Lava genau analytisch verglichen. Es zeigte sich, daß, wie man auch wußte, die Stoffe identisch waren.

Von späteren Ausbrüchen mag noch der vom Juli 1892 erwähnt

werden, bei dem fünf Krateröffnungen entstanden. Die Lava ergoß sich auch bei diesem Ausbruch aus einer seitlichen Spalte.

Hervorgehoben mag noch werden, daß sowohl der Ätna wie der Vesuv häufig Steigerung der gewöhnlichen Phänomene zeigen (stärkere Exhalationen und zahlreichere Fumarolen u. s. w.), ohne daß es zu einem eigentlichen Ausbruch kommt.

Fig. 202.



Geognostische Karte des Ätna.

Kreide. Neuere Sediment-Gesteine. Basalt der Cyklopischen Inseln. Ältere vulkanische Gebilde des Val del Bove. Neuere Tuffe und Laven.

○ ○ ○ Parasitische Kegel.

Eine Übersicht über die geologischen Verhältnisse des Ätna und seiner Umgebung bietet das vorstehende Kärtchen (Fig. 202).

Bei dem Anblick aus der Ferne zeigt der Ätna keine eigentliche Kegel-

form, sondern wegen der geringen Neigung der Gehänge eine flache Wölbung, er kann mit einem Schild mit Buckel verglichen werden.

Fluß und Beschaffenheit der Laven

sind sehr verschieden. Der Fluß, der von der Steilheit der Böschung und von der Zähigkeit (Schwer- oder Leichtflüssigkeit) der Laven abhängt, ist oft so groß, daß die Lava wie geschmolzenes Glas oder Eisen aus Gießtiegeln fließt, oft so gering, daß man an den Lavastrom herangehen, ihn sogar betreten kann; letzteres ist der Fall, wenn sich auf der Lava Krusten fester Lava bilden. Diese werden zerrissen, es entstehen Schollen, auch wohl, wenn die Erstarrung weiter vorgeschritten ist, Spalten, in die wieder flüssige Lava hineindringen kann, — so ist denn auch das Aussehen der Lavafelder sehr verschieden, meist sind dieselben ganz zerrissen und äußerst beschwerlich für den Forscher.

Bei allen Laven ändert die Verwitterung, die leicht eintritt, bald die Oberfläche; der Lavaboden ist meist fruchtbar. Dem Aussehen nach unterscheidet man wohl Gekröselava, Schlackenlava, Glaslava, Blocklava u. s. w., während man der Zusammensetzung nach die Unterscheidungen Basalt- und Trachytlava beibehalten hat (S. 171) oder dieselbe nach dem Ausbruch benennt.

Die prozentische Zusammensetzung wurde bei Analysen von Laven wie folgt gefunden:

	Vesuvlava	Trachytlava (Island)	Asche des Guntur (Java)
Kieselsäure SiO_2	49,23	75,12	51,64
Thonerde Al_2O_3	15,77	11,34	21,89
Eisenoxyd Fe_2O_3		3,92	
Eisenoxydul FeO	11,85		10,79
Kalk CaO	6,97	1,73	9,34
Magnesia MgO	6,01	0,39	3,32
Kali K_2O	4,01	1,85	0,55
Natron Na_2O	5,56	4,39	2,92
Wasser		0,41	0,6

Über die Geschwindigkeit der Lavaströme und ihre Neigung mögen gleichfalls einige Angaben hinzugefügt werden:

Neigung des großen Lavastromes beim Skaptar Jökul auf Island (1783) 30′.
Vesuvlavaströme 1° 50′ bis 6° 32′ bis 14°.
Ätnalavaströme bis 24°.

und ferner:

1776 legte die Lava am Vesuv 800 m in der Stunde, ein anderer Strom 2000 m in 14 Minuten zurück.
1805 erreichte die Vesuvlava in 3 Stunden das Meer (Länge der Strecke 7000 m).
1842 legte die Lava des Ätna zuerst 350,3 m in der Stunde, dann kaum $^1/_2$ m per Tag zurück. Der
Böschungswinkel des Aufschüttungskraters betrug am Monte Nuovo (bei Neapel) 18°, Vesuv 30°, Ätna 32°, Pic von Teyde und Pichincha 40 bis 42°.

Vulkane, die in historischer Zeit

neu entstanden sind:

375 v. Chr. Vulkan auf der griechischen Halbinsel Methana (nicht mehr thätig).

286 v. Chr. Fusijama (3729 m), Japan.

1538 Monte Nuovo (139 m, erloschen).

1759 Jorullo (1300 m), Mexiko.

1793 Izalco (641 m Höhe), San Salvador.

1867 Leon in Nikaragua (60 m).

1879 Vulkan Ilopango, San Salvador.

Einteilung der alten Vulkane.

Die Einteilung der alten Vulkane ist hauptsächlich für England durchgeführt [1]) und die Bestimmung der vulkanischen Thätigkeit der früheren Vulkane und Ausbrüche in den einzelnen Erdbildungsepochen ist jetzt ein Hauptforschungsgebiet der Geologie.

Es werden drei Haupttypen unterschieden: 1) Zentralvulkane — ein Kegel, aufgebaut aus Aschen und Laven durch wiederholte Eruptionen aus annähernd demselben Schlot (Ätna, Vesuv), 2) Deckenergüsse aus Spalten (Irland, NW-Amerika), 3) „Puys“, Gruppen zahlreicher kleiner Schlackenkegel oder Lavadome, einmalige Eruptionen aus wandernden Schlotöffnungen.

Als Grundursache des Vulkanismus nimmt Geikie ein überhitztes, aber durch Druck festes Erdinnere an; lokale Verminderung des Druckes (Hebung einer Scholle der Kruste) veranlaßt Verflüssigung und Emporpressung des Magmas, der Gasgehalt desselben bedingt die Explosionen. — Die alten Vulkane werden durch Denudationen bloßgelegt, sie geben auch für das Verständnis der jetzigen Vulkane sichere Anhaltspunkte. Nicht alle Vulkanschlote sind mit Lava gefüllte Spalten. Viele Schlote, besonders des Puy-Typus, sind durch Explosion ausgeblasene Kanäle in sonst ungestörtem Nebengestein, die nicht den Verwerfungen folgen.

„Die häufige Wiederholung vulkanischer Ausbrüche in aufeinander folgenden geologischen Perioden aus denselben oder benachbarten Schloten scheint hinzuweisen auf die Existenz von Linien oder Punkten der Schwäche tief unten in der Kruste, im Bereiche des inneren geschmolzenen Magmas, aber weit unter dem Horizont der geschichteten Formationen der Oberfläche mit ihren mehr oberflächlichen Störungen.“ Die Schlote bleiben nach der Eruption als Stiele („necks“) zurück, erfüllt entweder von losem hineingefallenen Material (Tuffen, Agglomeraten) oder von Lava, oder von beiden. Das Nebengestein ist durch sie häufig umgeändert, und oft beobachtet man die noch unaufgeklärte Erscheinung, daß die Schichten des Nebengesteines allseitig gegen ein solches „neck“ einfallen.

Die alten britischen Vulkane werden folgendermaßen eingeteilt [1]):

I. Der präcambrische Vulkanismus (der Lewisian Gneis auf den Hebriden und in West-Schottland mit Gängen von Peridotit, Dolerit u. s. w., die Oberflächeneruptionen dieser Gänge sind nicht bekannt).

[1]) Geikie, Die alten Vulkane Großbritanniens.

II. Cambrische Vulkane (besonders in Wales).
III. Silurische Vulkane (die vulkanische Thätigkeit war im Untersilur, namentlich in Wales, sehr stark).
IV. Devonische Vulkane.
V. Carbonische Vulkane (namentlich Untercarbon von Schottland).
VI. Permische Vulkane (in Ost-Fife, Schlote mit echtem Explosionskanal).
VII. Die mesozoische Periode ist ganz frei von vulkanischer Thätigkeit, die in der Tertiärzeit außerordentlich zur Entwickelung gekommen ist (Dolerite, Basalte). Es sind plateauartige Ergüsse von Basalt u. s. w. vorhanden. Doch ist bei keinem der Plateaus ein Dickerwerden der Lavadecken nach einem bestimmten Centrum hin nachweisbar. Aus diesen Basalttafeln erheben sich massige Gebirgsstöcke von Gabbro und granitischen Gesteinen.

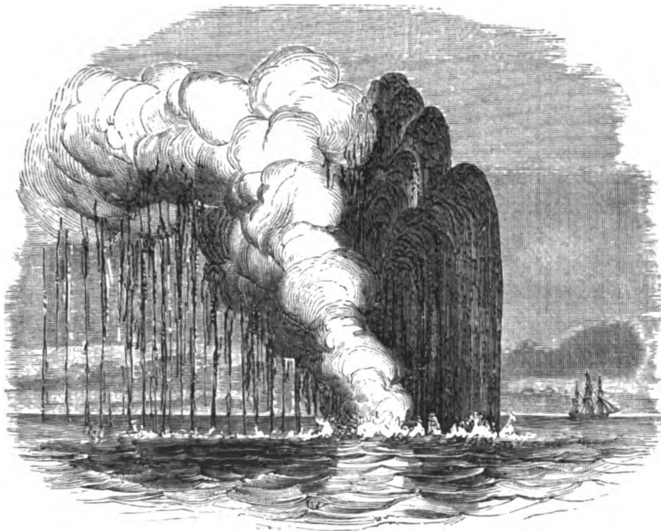
Diese Deckenergüsse sind besonders charakteristisch für Großbritannien. Die vulkanischen Erscheinungen bleiben auf die Westseite beschränkt.

Die tertiären Vulkane Großbritanniens zeigen vielfach besondere Typen, die in Mittel- und Südeuropa nicht vorkommen.

Unterseeische Ausbrüche.

Unterseeische vulkanische Ausbrüche sind oft beobachtet worden, namentlich in den Gebieten des westlichen Mittelmeeres und der Azoren, dann aber auch in den Gebieten des Großen Ozeans. Schon früher angeführt ist die Entstehung der Insel Ferdinandea (auch noch Julia, Graham genannt) 1831, die bis zu 72 m hoch aufgeschüttet wurde, aber schon nach einem halben Jahre wieder verschwunden war; ferner sind zu nennen die Vulkane von Santorin; ähnliche Vulkaninseln sind St. Paul, Amsterdaminsel. Im Gebiete der Azoren sind 1638, 1691, 1719 solche Inselbildungen durch vulkanische

Fig. 203.



Entstehung der Insel Sabrina.

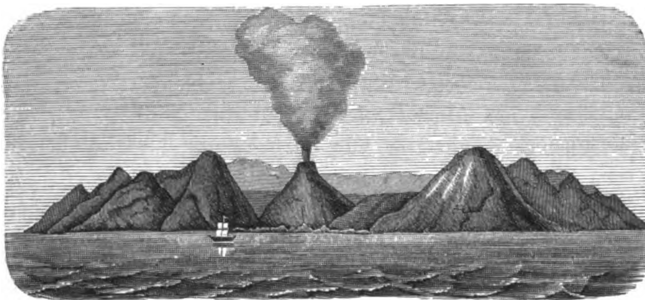
Ausbrüche vorgekommen, am bekanntesten ist die Entstehung der Insel Sabrina (1811) geworden; die Insel wuchs bis zur Höhe von fast 200 m, war aber schon 1812 wieder verschwunden, da das lockere Aufschüttungsmaterial den Wirkungen des Meeres nicht zu widerstehen vermag. Die beifolgende Skizze (Fig. 203) giebt eine in damaliger Zeit gefertigte Abbildung dieses Ausbruches, in der man sehr wohl die weißen Dampfmassen von der Aschensäule unterscheidet, die fast bis zu 300 m Höhe anstieg und unter furchtbarem Geprassel in das Meer zurückfiel, während zugleich in der Dampfwolke die heftigsten Gewitter statthatten.

Als großartigste Erscheinung dieser Art wird die Entstehung der Insel Bogoslow bei Unalaschka in den Aléuten (1796) berichtet, der Berg stieg bis 700 m hoch an, verringerte aber später seine Höhe wieder. Auch bei Island ist häufig die Entstehung neuer Inseln beobachtet worden. Es ist wahrscheinlich, daß viele unterseeische Ausbrüche in den Ozeanen auf dem Meeresboden stattfinden. Dafür spricht auch die große Ausdehnung, in welcher vulkanische Produkte den Meeresboden bedecken, die wohl nicht alle auf Festlandsvulkane zurückgeführt werden können[1]).

II. Abbildungen.

1. Abbildung einiger Vulkanberge.

Fig. 204.



Ansicht der Insel Barren im Golf von Bengalen.

Der Krater von der Insel Barren (Fig. 204) hat in seinen Konturen etwas Ähnlichkeit mit Santorin (Fig. 199, S. 311). Der äußere Mantel besteht aus Tuff und Lavaschichten. Der Krater selbst erhebt sich aus dem Meere und ist von einer Lagune umgeben; er hat eine Höhe von 590 m und ist fast fortwährend in Thätigkeit. Auf der Insel finden sich viele heiße Quellen mit Kochtemperatur.

---

[1]) Eine diesen Gegenstand erschöpfende Darstellung der submarinen Erdbeben und Eruptionen ist von Rudolph in den Beiträgen zur Geophysik III (vergl. Erdbeben) gegeben worden.

Der Cotopaxi (Fig. 205) (5960 m abs. Höhe, 2750 m relativ) bei Quito ist derjenige Vulkan, dessen Gestalt einem Kegel (vergl. S. 319) fast vollständig entspricht (weitere Beispiele sind der Beerenberg auf Jan Mayen, der Orizaba, Mexiko). Der Cotopaxi liegt fast genau unter dem Äquator und zeigt ver-

Fig. 205.



Ansicht des Cotopaxi.

hältnismäßig seltene, aber dann sehr starke Ausbrüche, bei denen er ungeheure Bomben (bis 100 cbm) mehrere Stunden weit geschleudert haben soll. Man erkennt übrigens noch den alten Kraterrand in einer Mauerkrone. Bei bevorstehenden Ausbrüchen zeigt sich vorher eine starke Schneeschmelze an den Abhängen.

2. Schemata von Vulkanreihen nach der natürlichen Lage.

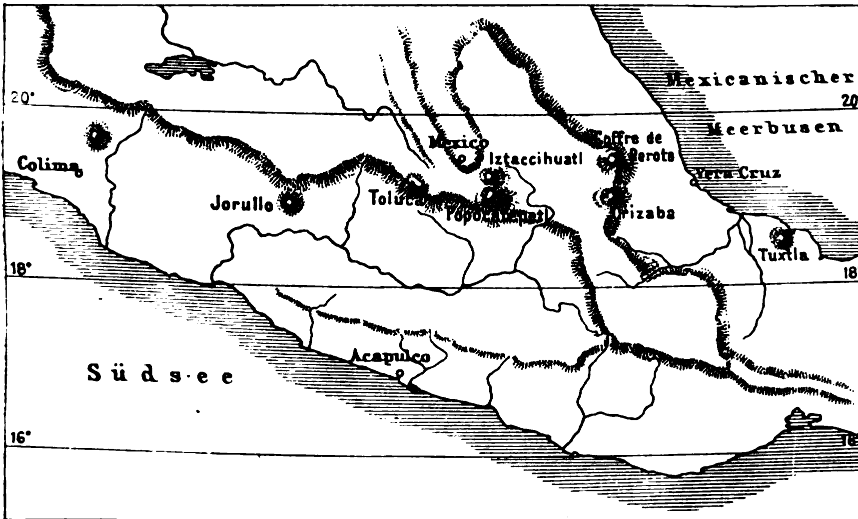
Wenn vielleicht auch die Einteilung der Vulkane in Vulkanreihen und Centralvulkane insofern nicht ganz zutrifft, als die Reihenvulkane nicht auf derselben Spalte zu liegen brauchen und man keinen durchgehenden, zusammenhängenden Herd nachweisen kann, so entspricht doch diese Anordnung den Verhältnissen in der Natur.

So kann man für Mittelamerika fünf Reihen aufstellen, welche mehr oder weniger gebrochenen, sprungweise gegeneinander verschobenen Spalten entsprechen. Die Spalten folgen mit südöstlichem Verlaufe der Richtung vorher bestehender jungen Eruptionsbildungen.

1) Chiapas-Reihe bis zum Tajumulco (15° 2′ N., 91° 54′ N.).
2) Westliche Guatemala-Reihe von Lacandon, 11 Vulkane (7 thätig).
3) Östliche Guatemala- und Salvador-Reihe, 43 Vulkane (7 thätig).
4) Nikaragua-Reihe vom Coseguina bis Madera, 16 Vulkane (6 thätig).
5) Costarica-Reihe vom Orosi bis Chiriqui, 9 Vulkane (3 thätig).

Die beiden folgenden Abbildungen zeigen (Fig. 206) die Gruppierung der mexikanischen Vulkane und (Fig. 207) die der beiden Vulkanreihen der Hoch-

Fig. 206.



Mexikanische Vulkane.

ebene von Quito[1]). Mexiko liegt 2280 m, Quito 2850 m (ca. 9000′) über dem Meere.

Hier finden sich in einer fast West-Ost gerichteten Reihe die Vulkane:

Pico de Colima, 3140 m.

Jorullo, entstanden 1759, 1300 m über der Ebene.

Nevada de Toluca, 4650 m, (n. A. 4578 m), nicht mehr thätig; Kratersee, Umfang 5,7 km.

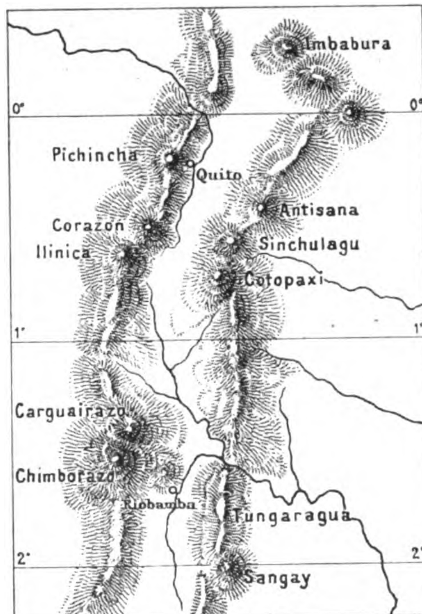
Popocatepetl 5420 m, Solfatarenthätigkeit und

Iztaccihuatl fast von gleicher Höhe und ihm parallel.

Orizaba (Citlaltepetl) 5450 m und

Coffre de Perote (Nauhcampatepetl) nicht mehr thätig; als letztes Glied ist der Vulkan von Tuxtla aufzufassen.

Fig. 207.



Vulkane der Anden bei Quito.

[1]) Auf das die Verhältnisse eingehend behandelnde Werk Stübels, Die Vulkanberge Ecuadors, ist schon S. 331 hingewiesen.

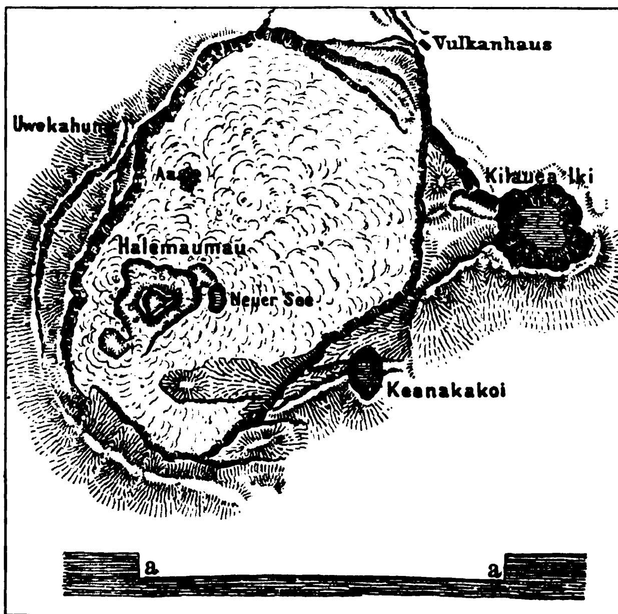
Der Popocatepetl liegt am weitesten vom Meere ab, trägt ein Observatorium und ist leicht zu ersteigen.

Die in dem Kärtchen Fig. 207 (a. v. S.) eingetragenen Vulkane
Chimborazo, 6300 m, erloschen, und Carguairazo,
Sangay, Tungaragua,
Ilinica, Corazon, Pichincha,
Cotopaxi, Sinchulagu, Antisana
und Imbabura
lassen zwei parallele Reihen erkennen. Sie sind zum größten Teil erloschen. Besondere Thätigkeit zeigen noch Cotopaxi, Pichincha und Sangay.

3. Abbildungen aus der Gruppe der Vulkane von Hawaii.

Die Vulkane von Hawaii bieten so viel Eigentümlichkeiten dar, daß sich ihre besondere Berücksichtigung wohl rechtfertigt¹), zumal da manche Gebilde besonders typisch hervortreten.

Fig. 208.



Plan und Durchschnitt des Kraters von Kilauea.

Folgende Skizze (Fig. 208) erleichtert den Überblick über die Verhältnisse des Kilauea (Kirauea), 1216 m über dem Meere, an der Seite des Mauna Loa (Roa), 4194 m, der oft fast nur Lavaergüsse aus seitlichen Spalten zeigt: 1866 strömte in der Höhe von 2400 m die Lava zuerst springbrunnenartig circa 300 m hoch unter ungeheurem Druck aus. Mit dem an derselben Erhebung liegenden Kilauea hat der Mauna Loa indes keinen inneren Zusammenhang; sie haben unabhängige Herde.

Der Umfang des Kilaueakraters wird auf 8 bis 15 engl. Meil. angegeben. Der ganz besonders merkwürdige Lavasee („Feuersee“) füllt die tiefste Stelle *a a* (Fig. 208) an. Beim starken Steigen findet die Lava seitlichen Abfluß durch Spalten.

¹) Vergl. die Monographie von Dana.

Zu Seite 345.

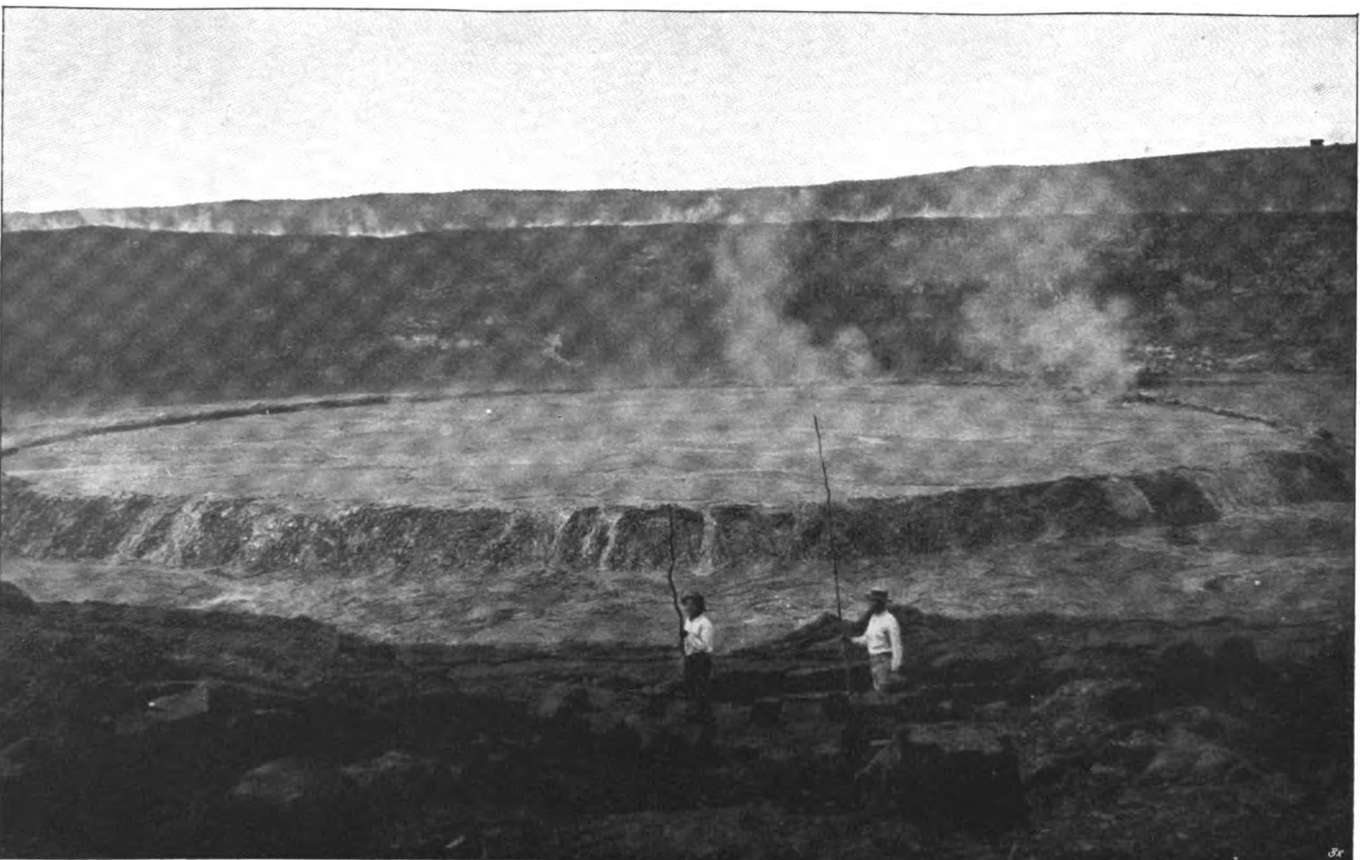


Fig. 209. Der Feuersee des Kilauea.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

Zu Seite 345.

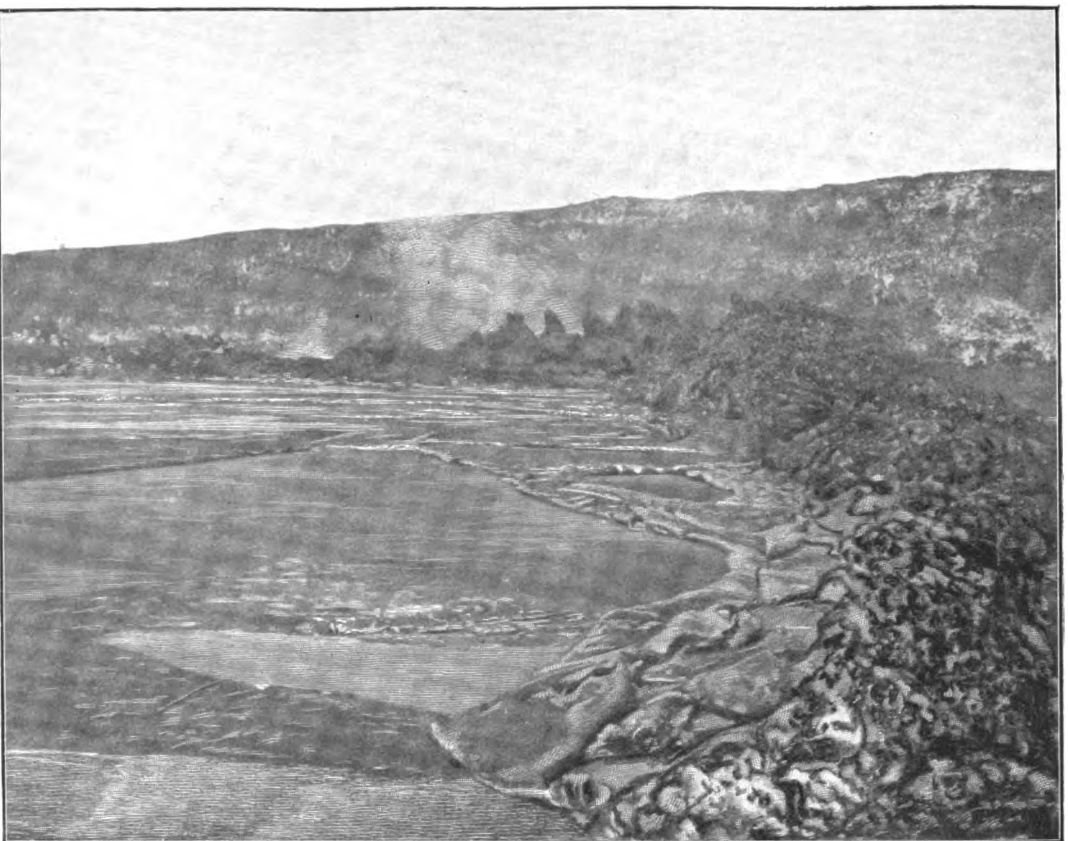


Fig. 210. **Der Lavasee des Kilauea mit Schlackenumwallung.**
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

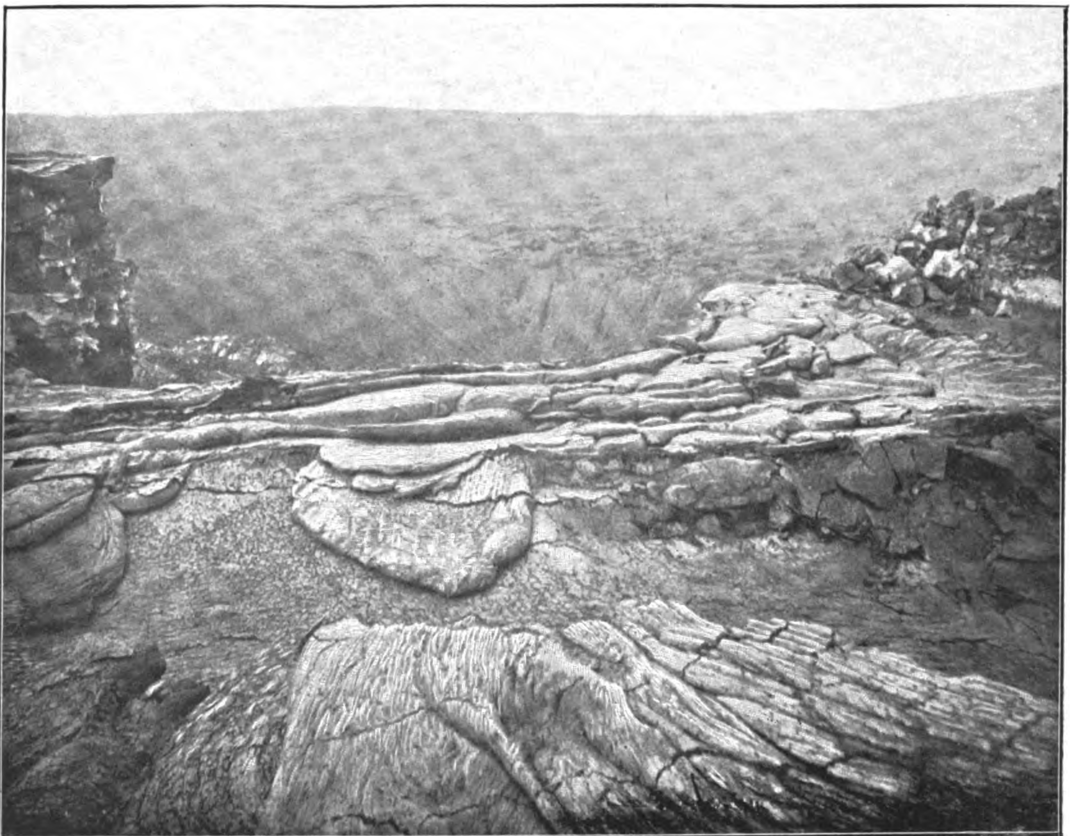


Fig. 211. Schollen- und Fladenlava am Halemaumau.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

Einen Überblick über den See gewährt die nachfolgende Abbildung (Fig. 209), auf der auch das Feuerhaus (das Hotel), das jetzt den Touristen Unterkunft gewährt, rechts oben zu erkennen ist. Die Umwallung des Sees ist Lava; einzelne Stellen, an denen Dämpfe aufsteigen, sind zu erkennen, es entstehen dort die kleinen Lavafontänen. Die Lava ist leichtflüssig, rotglühend, und gewährt namentlich am Abend und in der Nacht einen großartigen Anblick. Dieser Feuersee im Krater des Kilauea verschwindet bisweilen, wie z. B. 1886; 1887 füllte er sich jedoch wieder. Es hängt dies mit der Bewegung der Lava im Kraterschlunde, die sich nicht kontrollieren

Fig. 212.



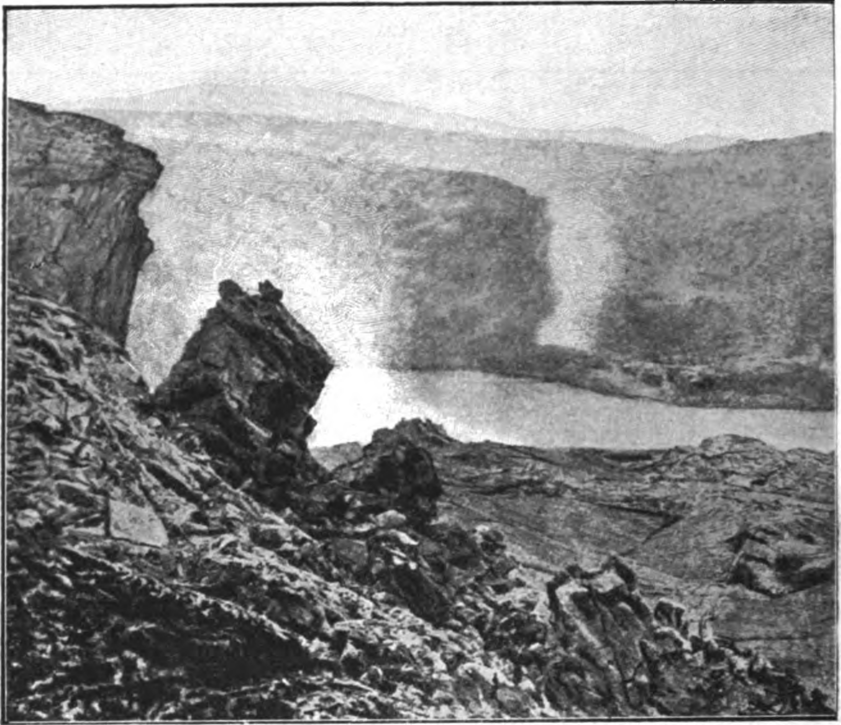
Lavafelder des Kilauea.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

läßt, zusammen. Die Fig. 210, von einer anderen Seite aufgenommen (das Feuerhaus links oben), giebt ebenfalls eine gute Vorstellung von dieser Naturmerkwürdigkeit. Der Rand des Sees ist von Schollenlava eingeschlossen und wird von äußerst zerklüfteten Lavagebilden umgeben, während im Hintergrunde die steil abfallenden Kraterwände sichtbar sind.

Die ferner folgende Abbildung (Fig. 211) giebt den Halemaumau nach dem Erdbeben 1887 und läßt die eigentümlichen verschiedenartigen Lavagebilde erkennen; die vorstehende Abbildung (Fig. 212) von den Lavafeldern zeigt

sämtliche Formen derselben (Gekröse-, Schollen-, Blocklava) nebst einem Lavakegel, der mit einer seitlichen Ausbruchsöffnung versehen ist. Fig. 213 zeigt den Kratersee von einer anderen Seite aus. Bei heftigem Winde wird die leichtflüssige Lava seitlich mit fortgerissen und zu Fäden — ähnlich wie man sie beim Glas leicht erhalten kann — ausgesponnen. Diese glasartigen Lavafäden haben von den Eingeborenen den Namen Pele's Haar erhalten.

Fig. 213.



Der Feuersee des Kilauea.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

4. Der Vesuv.

Die Abbildung Fig. 214 zeigt den Golf von Neapel mit dem Vesuv (*a*) und der Somma (*b*) nebst den am Fuße des Vesuv liegenden Ortschaften San Giovanni, Portici, Resina, Torre del Greco. Sie zeigt noch, daß der Kraterkegel nach dem Meere zu offen ist. Im Vordergrunde ist eine Pinie sichtbar; mit der Krone dieses Baumes wird häufig die Rauchwolke des Vesuv, wenn er in Thätigkeit ist, verglichen (auf der im Ruhezustand des Vulkans aufgenommenen Abbildung ist die Rauchsäule kaum bemerkbar).

Der ganze Golf von Neapel ist für die Vulkanologie von höchstem Interesse,

von Ischia bis nach Castellamare finden wir die Spuren der vulkanischen Kräfte. Die schon den Alten bekannten phlegräischen Felder, deren vulkanische Thätigkeit sich im 16. Jahrhundert durch die Entstehung des Monte Nuovo (30. September 1538, 139 m hoch in 48 Stunden gebildet) kund gab, zeigen noch jetzt Spuren davon in der Solfatare am nördlichen Ufer des Golfes. Die Solfatare bei Pozzuoli ist ein im Erlöschen befindlicher Krater, dessen Thätigkeit mit der des Vesuv nicht zusammenhängt.

Das Vesuvobservatorium. In der Abbildung Fig. 215 erblickt man im Hintergrunde den Anfang des Rückens der Somma, am Eingang zum Atrio di cavallo (Thal zwischen Somma und Kegel), im Vordergrunde z. T.

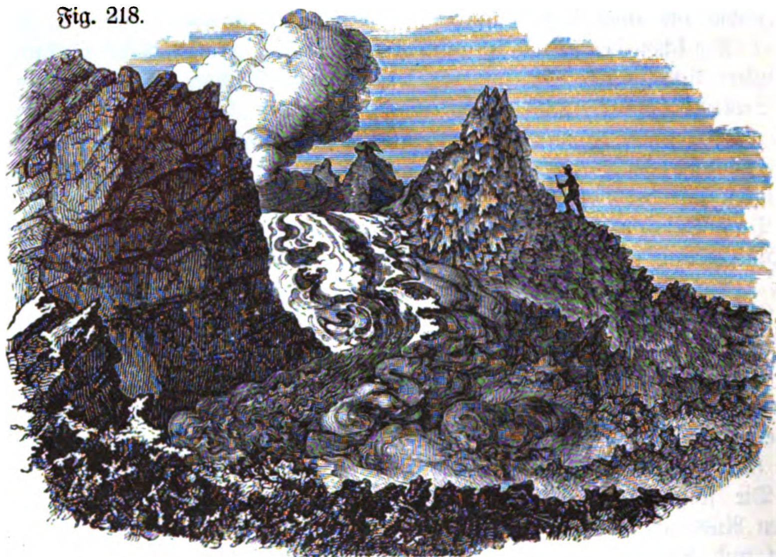
Zur Beachtung.

Die zu den Seiten 346 und 347 gehörenden Figurentafeln 214, 215, 216 und 217 sind wegen besserer Befestigung im Einband zwischen Seite 352 und 353 eingeschaltet.

möglich ist. So z. B. scheint es denkbar, daß Druckänderungen in der Luft Einfluß auf die Höhe der Lavasäule im Krater haben, — überlegt man aber, daß die Druckänderungen einem Werte von höchstens 40 bis 50 mm Quecksilber, also der Höhe einer Lavasäule (spec. Gew. 2,4) von 280 mm entsprechen, so sieht man, daß dieses Ansteigen ein minimales ist; ähnlich verhält es sich mit der Annahme, daß dann die Expansion der Gase leichter den Lavadruck überwindet, sie würden allerdings leichter und reichlicher entweichen können, auch eine stärkere Expansion erhalten und es könnte also eine stärkere Fumarolenthätigkeit eintreten, aber ein bedeutendes Heben der Lava dadurch, daß der Gegendruck rund um $^{6}/_{100}$ Atmosphäre sinkt, ist nicht möglich.

Dem Vesuvobservatorium folgte 1890 das Ätnaobservatorium. Beide

Fig. 218.



Ansicht eines Lavastromes am Vesuv.

Fig. 219.



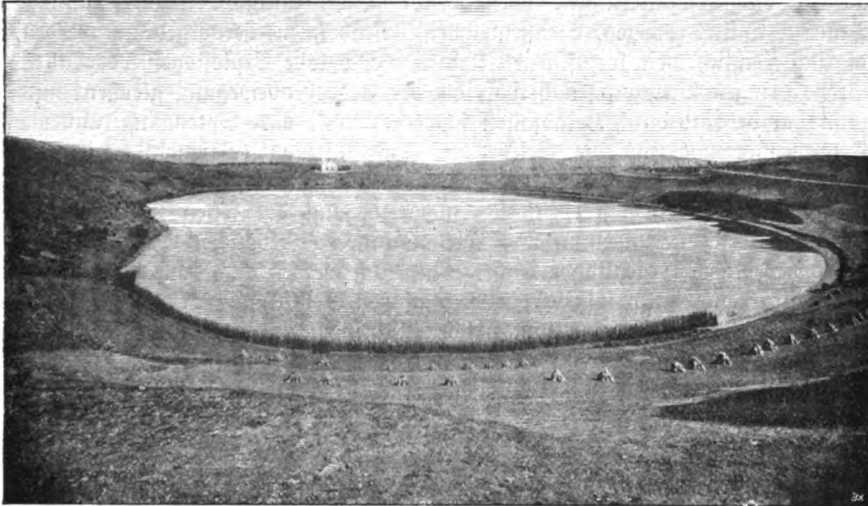
Schlackenkegel einer Fumarole auf einem Lavastrome am Vesuv.

dienen den rein vulkanischen Gebieten Italiens und haben für die Vulkanologie die größte Wichtigkeit.

5. Maare.

Bei dem in Fig. 220 abgebildeten Weinfelder Maar liegt der Wasserspiegel 478,8 m, die im Hintergrund sichtbare Kirche auf dem nördlichen

Fig. 220.



Das Weinfelder Maar.
(Nach einer Aufnahme von Stengel u. Co., Dresden.)

Rande 506,4 m über dem Meere. Der größte Durchmesser beträgt 530 m, der kleinste 380 m; die größte Tiefe ist 102 m, die Höhe der Umwallung ist ca. 30 m. Bei der Kirche tritt das Devon, das Grundgebirge der Eifel, hervor. Der Tuff bildet also nur eine verhältnismäßig dünne Decke und enthält Auswürflinge von Augit und Hornblende, Glimmer und Hornblende und andere vulkanische Produkte. In der Nähe befindet sich der altvulkanische Moseberg; — diese Gegend enthält noch westlich das Gemündener Maar und südöstlich das Schlackenmehrener Maar.

3. Erderschütterungen.

(Seismische Bewegungen der Erdrinde. Lehre von den Erderschütterungen, Erdbeben, — Seismologie).

a) Allgemeines.

Unter Erdbeben versteht man jene mehr oder weniger heftigen Erschütterungen des Erdbodens, deren Ursache unterhalb der Erdoberfläche ihren

Sitz hat (Centrum). Meistenteils sind die Erschütterungen schwach, ohne irgend welche Wirkungen auf die Erdoberfläche, in anderen selteneren Fällen weit verbreitet, stark und verheerend. Nach dem Grade der Verheerung und der Wirkung hat man eine Stärkeskala von I bis X aufgestellt (Rossi=Forel, vergl. Anhang, S. 382 u. 383), die einen ungefähren Anhalt über die Stärke giebt, — die Stärkegrade I bis IV sind ganz ungefährlich.

Außer diesen eigentlichen Erderschütterungen erleidet die Erdoberfläche noch mancherlei Bewegungen (Erzitterungen). In bewohnten Gegenden sind überall die Erschütterungen vorhanden, welche durch Bewegung unserer Transportmittel (Wagen, Straßenbahnen, Eisenbahnen) hervorgebracht werden, die sich ziemlich weit fortpflanzen können. Plötzliche Explosionen oder starke Stöße bringen Bewegungen hervor, die der Erdbebenbewegung gleichen, und man hat deshalb durch Herabfallen schwerer Blöcke oder Sprengung künstliche Erdbeben erzeugt, um die Gesetze der Fortpflanzung (Geschwindigkeit, Abhängigkeit vom Grund und Boden, Art der Bewegung) studieren zu können. Starker Wind verursacht ebenfalls eine Bewegung der festen Erdoberfläche; alle diese Erschütterungen nehmen wir an unseren Gebäuden oder mit Hülfe leicht beweglicher Gegenstände wahr. Natürlich werden auch feine physikalische Meßinstrumente durch solche Bodenbewegungen beeinflußt. Ob die Luftdruckschwankung bestimmte Bewegungen der Erdrinde, gewissermaßen ein Nachgeben bei stärkerem Druck (Pulsationen) hervorzubringen vermag, ist nicht sicher erwiesen. Jedenfalls sind solche Wirkungen äußerst gering und nicht direkt wahrnehmbar, wie auch andere mikroseismische (wie man die schwachen Erschütterungen nennt) Bewegungen, die mit feinen Instrumenten festgestellt werden müssen. Diese thun eine fast fortwährende Bewegung der Erdteilchen dar. Alle diese Bewegungen bestehen nicht in Fortbewegungen und dauernder Verschiebung der Teilchen, sondern sind Erzitterungen; die Teilchen geraten in Schwingungen und kehren in ihre Gleichgewichtslage zurück (Vibrationen).

Für die Veränderungen auf der Erdoberfläche und der Erdrinde kommen jedoch nur die eigentlichen starken Erdbeben in Betracht.

Die Seismologie (Erdbebenlehre) ist in den letzten Jahrzehnten zu einer besonderen Wissenschaft geworden. Seismologische Gesellschaften haben sich gebildet, und jetzt wird eine internationale seismologische Gesellschaft gegründet; auch im Deutschen Reiche richtet man Erdbebenstationen (Straßburg i. E., Göttingen) ein, und überall haben die Observatorien mit empfindlichen Instrumenten die Aufgabe, Registrierungen der Erschütterungen durchzuführen; in zwei Ländern, Japan und Italien, erscheinen besondere Journale und das Studium ist so weit vorgeschritten, daß man in Japan, wo die Erdbeben oft so große Verwüstungen anrichten, Vorschriften hat geben können, wie die Häuser am besten gegen Erdbeben zu schützen sind [1]).

Die Erdbeben sind viel häufigere Erscheinungen, als man in der Regel glaubt. Es vergeht wohl kein Augenblick, wo nicht die eine oder andere Stelle der Erde unter dem Einfluß hypochthoner (unterirdischer) Kräfte schwach

[1]) Diese allgemeinen Vorbemerkungen sind im Anhang (S. 363 u. f.) weiter ausgeführt.

erbebt und auch in Deutschland haben wir Gegenden, wo Erschütterungen außerordentlich häufig sind (Rheinthal), so daß es wohl auch bei uns fruchtbar sein wird, jene laufenden seismologischen Beobachtungen anzustellen.

Für unsere Betrachtung mögen zunächst die Erdbeben, deren Ursache uns bekannt ist, nämlich die rein vulkanischen oder plutonischen Erdbeben, kurz erwähnt werden; bei jedem Vulkanausbruch wird die Nachbarschaft von Erderschütterungen getroffen, und oft gehen solche den Vulkanausbrüchen voran (vgl. Vulkane); die übrigen Erdbeben, deren Ursache nicht ein Vulkanausbruch ist, hat man auch wohl dynamische genannt. Während man früher glaubte, daß die hauptsächliche Ursache der Erdbeben der Vulkanismus sei und sie als eine Reaktion des feurig-flüssigen Erdinnern auffaßte, hat man jetzt für die meisten Erdbeben diese Auffassung fallen lassen müssen. Der Sitz der Erdbeben ist hypochthon, aber nicht in dem flüssigen Erdkern zu suchen, sondern in den Schichten der festen Erdrinde, durch deren Verschiebung die Erschütterungen entstehen; es sind gewissermaßen die noch wirkenden gebirgsbildenden Kräfte die Ursachen; die epichthonen Erschütterungen, die auf der Erdoberfläche entstehen, haben mit diesen nichts zu thun.

b) Verbreitung der Erdbeben.

Wenngleich die Erdbeben außerordentlich häufig sind und keine Gegend bekannt ist, die ganz frei von Erderschütterungen geblieben wäre, so kann man doch Gegenden unterscheiden, in denen auch die stärkeren Erdbeben zu den häufigen Erscheinungen gehören (Erdbebendistrikte) und solche, die nur äußerst selten von Erschütterungen, die an der Stelle ihren Sitz haben, getroffen werden, wie Norddeutschland und Rußland, Nordsibirien, die Hudsonsbailänder, ein großer Teil von Afrika, Australien (erdbebenfreie Länder). Natürlich können Erdbebenwellen, die in anderen Gegenden entstanden sind, sich bis in diese fast erdbebenfreien fortpflanzen, wie dies vielfach beobachtet ist.

Als Haupterdbebendistrikte können folgende bezeichnet werden:

In Europa.

Die Iberische Halbinsel, Süditalien und Sizilien. Der südliche Abhang der Alpen (Piemont, Belluno), ebenso auch der Karst und die benachbarten Alpendistrikte (Kärnten und Krain).

Die griechischen Inseln, im Zusammenhang mit Kleinasien und Syrien.

In Deutschland [1]) das Rheinthal, Vogtland (auch in Schlesien und Thüringen sind Erschütterungen beobachtet).

In der Schweiz: Genfer See und benachbarte Alpendistrikte.

---

[1]) In Norddeutschland, die Rheingegend abgerechnet, wurden von 822 bis 1800 20 Erdbeben bemerkt; dann folgten Erschütterungen 1805, 1819, 1822, 1824, 1828, 1829, 1832, 1839, 1841 (2 mal), 1861 und das letzte Mal 1872 am 3. März. Die Rheingegend wurde am stärksten erschüttert 1356 (am 18. Oktober Basel zerstört); in neuerer Zeit Erdbeben von Großgerau 1872, Herzogenrat 1874 und Düren 26. August 1878, das sich, wie viele rheinische Erdbeben, nach Holland und Belgien hinein erstreckte. Weiteres im Anhang (S. 364 u. f.).

In Asien.

Distrikt des Baikalsees. — Distrikt der Araxesebene; Teile von Turkestan. — Java und die Philippinen. — Ostindien und vor allem Japan. — Kleinasien und Syrien.

In Afrika.

Dieser Erdteil gehört zu den erdbebenfreiesten Ländern; die häufigsten Erschütterungen sind von Algier und Marokko bekannt.

In Australien und den Südseeinseln (wenig bekannt).

Die Sandwichinseln. — Die Schifferinseln.

In Amerika:

Die Westküste von Südamerika mit den Centralpunkten von Südchile, Iquique, Lima und Riobamba. — Mittelamerika: Costa-Rica. Nikaragua und San Salvador. — Das Mississippithal, die Antillen (Jamaika, Porto Rico) und der nördliche Küstenstrich von Südamerika (Caracas, Cumana).

Bei dieser Aufzählung sind die Erschütterungen, welche durch Fortpflanzung der Erdbebenwellen von fernen Centren aus entstehen, nicht mitgerechnet.

c) Bewegungen des Bodens bei Erdbeben.

Man unterscheidet wohl die Richtung der Bewegung nach drei Hauptarten der Bewegung, eine Einteilung, die so aufzufassen ist, daß die Arten der Bewegung sich nicht gegenseitig ausschließen, sondern daß sie (so namentlich 1 und 2) oft miteinander verbunden sind; auch weiß man jetzt, daß die wellenförmigen Bewegungen selbst wieder „langwellig“ und „kurzwellig“ sein können und daß auch hier beide Arten der Bewegung gleichzeitig auftreten.

1) Die stoßförmige (succussorische) Bewegung; es erfolgen ein oder mehrere heftige Stöße von unten nach oben (starke Zerstörung, Emporschleudern von Gegenständen u. s. w., siehe Wirkungen).

2) Wellenförmige (undulatorische) Bewegung. Auf- und Abgehen des Bodens (Verschieben von Erdschichten, Entstehen von Spalten und dergl. mehr).

Häufig sind die Bewegungen 1) und 2) kombiniert: von dem Haupterschütterungspunkte (Centralpunkt), wo stoßförmige Erschütterungen stattfinden, verbreitet sich die wellenförmige Bewegung nach den verschiedenen Seiten hin. Die schwachen wellenförmigen Bewegungen sind die häufigsten und meist ohne weitere Folgen.

3) Die wirbelförmige (rotatorische) Bewegung besteht in einer kreis- oder wirbelförmigen Bewegung des Erdbodens. Sie wird selten beobachtet (Erdbeben von Calabrien 1783, Erdbeben von Chile 1822); die darauf bezogenen Erscheinungen lassen sich auch aus mehreren stark wellenförmigen Bewegungen, die sich treffen, erklären.





Fig. 214. **Panorama des Vesuv.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von G. Sommer, Neapel.)



Fig. 215. **Ein Vesuv-Lavastrom und das Observatorium.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von G. Sommer, Neapel.)

Zu Seite 347.

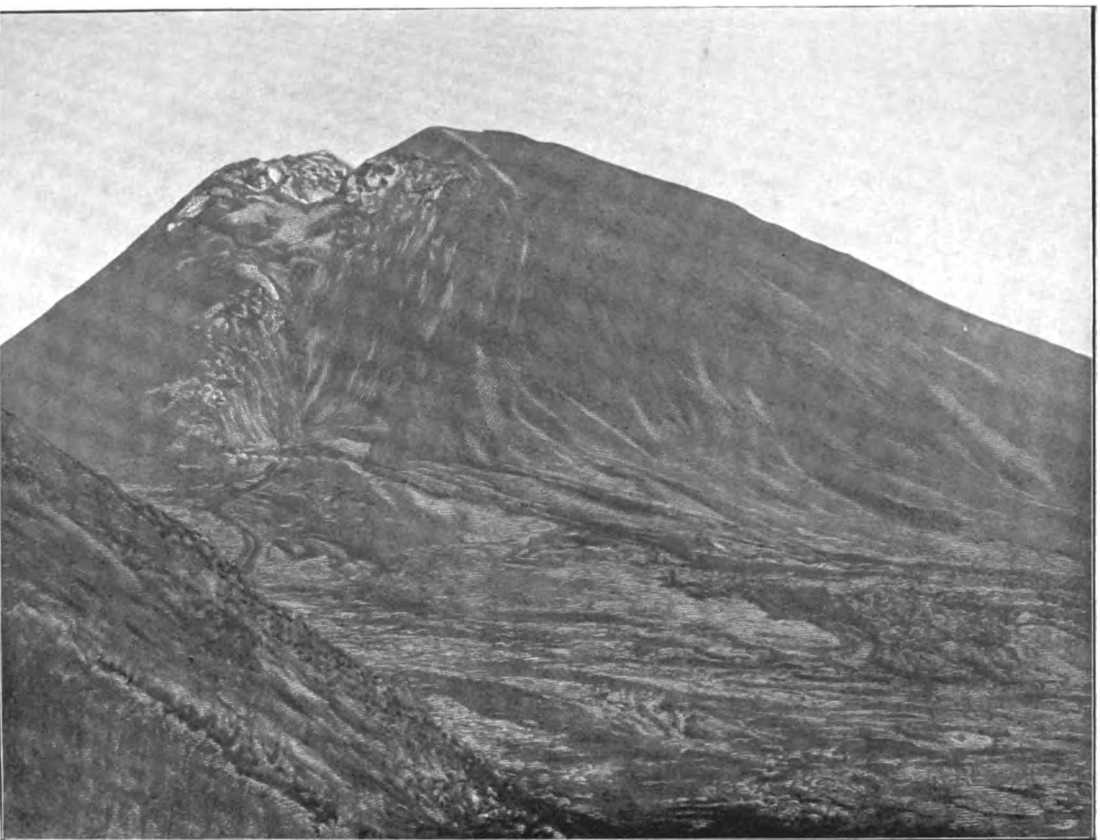


Fig. 216. **Der thätige Aschenkegel (Krater) des Vesuv.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von G. Sommer, Neapel.)

Zu Seite 347.

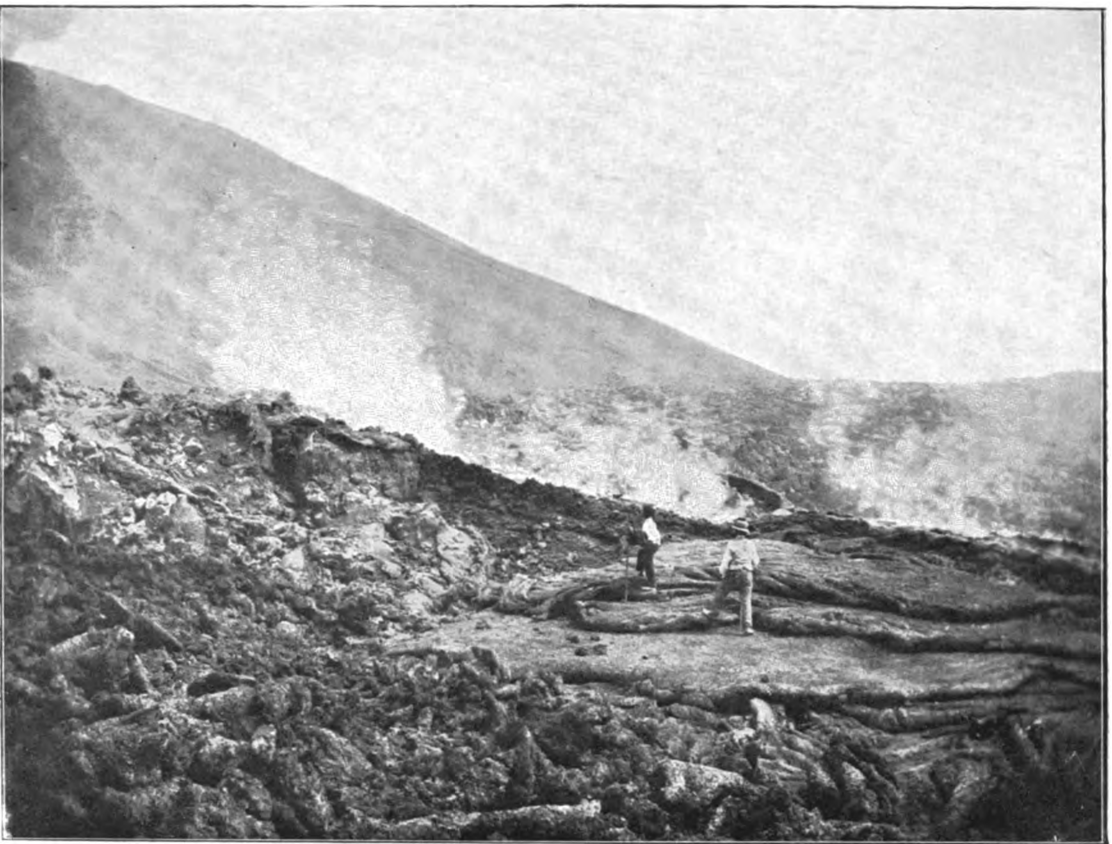


Fig. 217. Lava vom Vesuv-Ausbruch 1895.
(Nach einer photographischen Aufnahme von G. Sommer, Neapel.)

α) Erdbebenmesser.

Zum sicheren Nachweis der Erdbebenwellen, namentlich auch um die Richtung der Stöße und ihre Fortpflanzung zu bestimmen, hat man Erdbebenmesser (Seismometer, Seismographen) konstruiert; Apparate, um die kleinen Erschütterungen nachzuweisen, nennt man auch Tromometer (Mikroseismometer).

Dieselben sind äußerst mannigfaltig; der einfachste besteht aus einem von der Decke herabhängenden Lot mit kugelförmiger Pendellinse, die eine Spitze trägt, so daß bei Erschütterung des Pendels diese Spitze in einem unten stehenden Gefäße mit Sand Linien zieht; dann das Quecksilberseismometer: es ist ein Näpfchen mit 8 den Himmelsgegenden entsprechenden Ausflußöffnungen, bis zu denen das Quecksilber bei horizontalem Stande der Vorrichtung reicht, bei einer Erschütterung fließt das Quecksilber aus der in der Richtung der Bewegung liegenden Öffnung durch eine Rille in eine darunter befindliche Vertiefung; der elektrische Seismograph: über einem Gefäße mit Quecksilber findet sich ein gewundener Draht aufgehängt, der beim Stoße in Quecksilber taucht; hierdurch wird ein Strom geschlossen und ein Läutewerk in Bewegung gesetzt; vier U förmige Röhren, in ähnlicher Weise eingerichtet, dienen dazu, die Richtung des Stoßes zu kontrollieren.

Alle diese Apparate sind in neuester Zeit, namentlich für Japan und Italien, den Kulturländern, die zunächst das größte Interesse daran haben, diese Erscheinungen zu verfolgen, sehr vervollkommnet. Namentlich ist es auch mit Hülfe des Prinzips der Horizontalpendel gelungen, Apparate herzustellen, welche die schwächsten Bewegungen registrieren.

Einiges Nähere darüber wird in dem Anhang mitgeteilt, in dem wie bei der Besprechung der Vulkane auch nähere Belege angeführt sind.

Die Bewegungen sind demnach viel komplizierter, als man früher angenommen hatte. Bei jedem Erdbeben ist die Bewegung eine andere, man hat die Amplitude (Entfernung von der Gleichgewichtslage) des einzelnen Teilchens, die Richtung der Schwingung zu den Richtungen bestimmter Linien (Koordinaten) und zur Fortpflanzungsrichtung bestimmt und gefunden, daß sowohl die Schwingungen der Teilchen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung, wie in dieser stattfinden (transversale, longitudinale Schwingungen). Die Länge der beiden Wellen, d. h. der Abstand zwischen zwei in gleichem Sinne bewegten Teilchengruppen ist ebenfalls verschieden. Die Schwingungen entstehen im Sitz, im Centrum des Erdbebens (unter der Oberfläche), den Punkt darüber nennt man das Epicentrum. Man hat die Lage des Centrums unter dem Epicentrum zu bestimmen gesucht und die Kurven, welche die Orte mit gleichzeitiger Erschütterung verbinden, Homoseisten, konstruiert. Die Ausbreitung der Wellen ist eine sehr verschiedenartige; es scheint auch vielfach die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit der Entfernung vom Sitze zuzunehmen, doch können wir hier auf diese Forschungen nicht näher eingehen, und es mögen nur noch als Beispiele ein Seismodiagramm (Fig. 221) und Seismogramm (Fig. 222) gegeben werden. Die registrierten Erschütterungen zeigen sich durch die stärkere Schraffierung an, man erkennt deutlich den

Fig. 221.

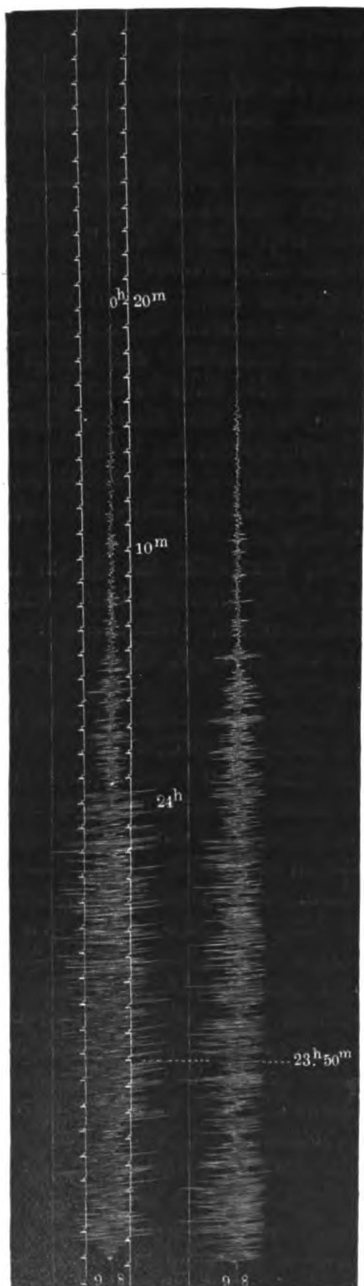


Fig. 222.

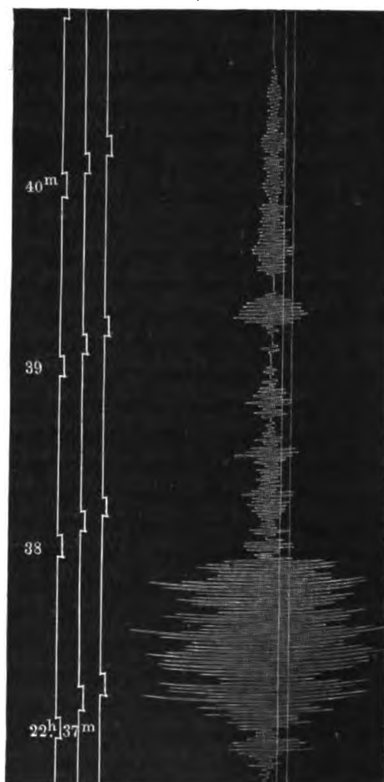


Fig. 221.
Das Erdbeben am Kaspischen Meer, 8. und 9. Juli 1895. Aufgezeichnet zu Padua durch den Mikroseismographen von Vicentini. ½ nat. Größe.

Fig. 222.
Erdbeben in der Emilia (Rovigo, Padua, Pavia, Florenz), 4. März 1898, registriert mit dem Mikroseismographen für die Vertikalkomponenten von Vicentini und Pacher.

Verlauf der Zeit nach. Die Stunden sind nach der Zahl 1 bis 24 eingetragen.

β) Tiefe der Bewegung.

Die Tiefe, in welcher die Bewegung entsteht, ist nach allen Bestimmungen keine sehr große, die Resultate bewegen sich zwischen 2 und 4 Meilen, oft aber ergeben sich auch geringere oder größere Tiefen; die letztere Tiefe würde bis zu einer hohen Temperatur herabgehen, wenn man die Zunahme der Bodentemperatur als eine stetige annimmt (vergl. oben 304). Auch ist sicher festgestellt, daß das Centrum nicht ein kleines Gebiet zu sein braucht, sondern eine größere Ausdehnung haben kann; eine genaue Feststellung ist bisher nicht möglich gewesen, doch wird man nicht fehl gehen, wenn man annimmt, daß dasselbe bei den dynamischen Erdbeben den Schichten entsprechend verläuft und daß sowohl vertikale Verschiebungen nach unten als seitliche oder auch von oben herabkommende die Ursache gewesen sind. Bei den eigentlichen vulkanischen Erdbeben ist der Sitz der Vulkan, bei den damit verwandten plutonischen müßte der Sitz in dem Grenzgebiete der feurig-flüssigen und festen Massen zu suchen sein.

γ) Dauer und Zahl der Bewegungen.

Die Dauer der einzelnen Bewegung ist stets sehr kurz (5 bis 6 Sek.), die Zahl der Wiederholungen oft außerordentlich groß. Man hat als ein Erdbeben die Aufeinanderfolge der Stöße zu betrachten, die nur durch kurze Zeiträume (Tage und Monate) getrennt sind. Die Dauer der Erdbeben ist danach sehr verschieden. In vielen Fällen treten nur wenige kurze Stöße auf und die Erscheinung hat sich in 5 bis 6 Minuten mit allen ihren Folgen vollzogen; in anderen Fällen dauert das Erdbeben monate-, ja jahrelang, indem sich fortwährend die Erschütterungen wiederholen (so die Erdbeben von Basel 1356, Piemont 1808, Großgerau 1874, wo ein Jahr lang häufig Stöße erfolgten, von Cumana 1766, wo stündlich Stöße erfolgten, und 1811 bis 1813 im Mississippithal, das in dieser Zeit den verschiedenartigsten Erschütterungen ausgesetzt war). — Öfters sind auch zwei weit voneinander entfernte Stellen der Erde zugleich erschüttert, ohne daß ein Zusammenhang der Erscheinungen nachzuweisen wäre.

δ) Fortpflanzung der Bewegung.

Wie jede Wellenbewegung bedarf auch die Erdbebenwelle Zeit zur Fortpflanzung. Die Fortpflanzungsgeschwindigkeit wird von sehr verschiedenen Umständen abhängen:

1) von der Stärke des Stoßes, da eine stärkere Welle sich schneller fortpflanzt, als eine schwächere (wie auch bei den Wasserwellen die Fortpflanzungsgeschwindigkeit mit von der Wellenhöhe, also der Stärke der Erregung abhängt), auch schreiten die longitudinalen Wellen schneller als die kürzeren transversalen fort;

2) von der Beschaffenheit des Erdbodens, und zwar von der Gesteinsbeschaffenheit und von der Niveaubeschaffenheit. So ist die Geschwindigkeit, mit der sich eine Stoßbewegung in nassem Sande fortpflanzt, 294 m, in festem Granit 506 m in der Sek.; während bei den Niveauverschiedenheiten Gebirge sich häufig als Grenzen der Erschütterungsgebiete

darstellen, Flüsse und Meere hingegen von der Bewegung durchschritten werden.

Man bestimmt die Fortpflanzungsgeschwindigkeit einfach nach der Zeit der Wahrnehmung an zwei voneinander entfernten Orten; — sie beträgt durchschnittlich 4 bis 5 (geogr.) Meilen in der Minute, für die Fortpflanzung im Meere 30 bis 40 Seemeilen (60 auf 1 Grad), — also im Lande ca. 495 bis 600 m in der Sek., im Meere 925 bis 1200 m in der Sek., sie ist also bedeutend größer als die des Schalls.

Nach der Art der Fortpflanzung unterscheidet man lineare (Längs-)Erdbeben, die sich den großen Gebirgen entlang fortpflanzen, wie die meisten chilenischen und peruanischen Erdbeben, die sich nicht bis zur anderen Seite der Kordilleren verbreiten; cirkulare (kreisförmige), die von einem Erschütterungsgebiet sich kreisförmig nach allen Seiten hin ausdehnen wie das Erdbeben von Lissabon, und transversale (quer durchsetzende), Erdbeben die, von einem Erschütterungspunkte ausgehend, verschieden stark quer durch die Gebirge hindurchgehen, wie das von Belluno, bei dem die Erschütterungen bis zum nördlichen Abhange der Alpen an einer Stelle hindurchgingen, während sie an anderen Stellen in der Alpenkette verschwanden.

Transversale (besser translatorische, sich gleichmäßig auf andere Strecken übertragende) Erdbeben werden auch solche genannt, bei denen die auf einer ausgedehnten Linie gleichzeitig erfolgende Erschütterung parallel fortschreitet. (Mississippi-Erdbeben 1811 bis 1813.)

Auch unterscheidet man wohl der Größe des Verbreitungsgebietes nach lokale, auf eine sehr begrenzte Örtlichkeit beschränkte, und allgemeine, auf große Flächen ausgedehnte Erschütterungen (die Erdbeben von Großgerau, waren lokal, das des Mississippithales, 1811 bis 1813, ein allgemeines). Ein scharfer Unterschied ist in letzterer Beziehung nicht zu machen, da sich das durch den Stoß direkt erschütterte Gebiet nicht trennen läßt von den durch die Fortpflanzung der Bewegung in Mitleidenschaft gezogenen Strecken.

Die erschütterten Gebiete sind oft außerordentlich groß, doch hängt die Größe derselben nicht mit der Stärke des Erdbebens zusammen; auch kann man das Erschütterungsgebiet nicht auf die Länder ausdehnen, die von der durch das Erdbeben erregten Meereswelle getroffen werden, sonst müßte man bei dem Erdbeben von Südamerika 1868 den ganzen Großen Ozean als Erschütterungsgebiet annehmen, da die Wellen in Valdivia, den Chatham-Inseln, in Australien und an den Sandwich-Inseln beobachtet wurden. Einen sehr großen Erschütterungsbezirk hatten das Lissaboner Erdbeben 1755 und das der Vereinigten Staaten 1811, einen kleinen das von Calabrien 1783; das deutsche Erdbeben von 1872 hatte ca. 2000 Quadratmeilen Gebiet.

Die Schwankungen des Erdbodens sind in den meisten Fällen sehr gering, wie sich aus den Wirkungen an den Gebäuden erkennen läßt. Meistens sind die Bewegungen nicht von Dislokationen, d. h. dauernden Verschiebungen der Erdschichten begleitet, sondern es sind wahrhaft schwingende Bewegungen, bei welchen sich die Teilchen von ihrer Gleichgewichtslage nur wenig entfernen und dann wieder in dieselbe zurückkehren.

Sichtbar ist die Bewegung nur in äußerst seltenen Fällen (Calabrien, Chile). Die Intensität ist nicht sicher meßbar, denn die Zerstörungen an Gebäuden geben nur geringen Anhalt, da schon eine schwache Wellenbewegung dort Verschiebungen hervorbringen muß, und auch meistens nur ein Zittern (Vibrieren) der Gebäude erfolgt. Die Erschütterung wird öfters an ein und demselben Orte verschieden stark wahrgenommen, — sie ist in den Bergwerken bisweilen nicht bemerkt, während sie an der Oberfläche fühlbar war, ja es ist vorgekommen, daß in hohen Gebäuden (San Franzisko) die Erschütterung in einem Stockwerk wahrgenommen, in anderen nicht wahrgenommen wurde, Nachrichten, bei denen übrigens Aufmerksamkeit und Beschäftigung der Bewohner eine Rolle spielen.

d) Wirkungen.

Die Stärke der Zerstörung hängt ab von der Kraft des Stoßes, von der Beschaffenheit des Untergrundes und von der Richtung, in welcher der Stoß auftrifft. Am heftigsten ist die Zerstörung bei festem Untergrund mit aufliegendem lockeren Boden von angespültem Sande (Alluvium) in nicht zu großer Dicke (Erdbeben von Calabrien), am schwächsten in sehr dicken Schichten von lockerem Material wie in der deutschen Tiefebene oder sehr starken Schichten von krystallinischen Gesteinen (Norwegen, Nordrußland, Hudsonsbailänder).

Die Wirkungen der Erdbeben bestehen, abgesehen von den Zerstörungen in der organischen Natur und im industriellen Gebiete:

1) In der Entstehung von Klüften und Spalten (Fig. 223 und 224), die oft sehr lang und schmal sind, aber schon während des Erdbebens sich wieder zuschieben oder ausfüllen. Weiter sind hervorzuheben die Änderungen in Wasserläufen, sei es, daß Flüsse aufgestaut und im Laufe abgelenkt werden, sei es, daß Quellen versiegen und an anderer Stelle erscheinen, oder die Wassermenge ab- oder zunimmt, aber auch hier stellen sich oft die früheren Zustände wieder her. Hierher ist auch die Entstehung von Rundlöchern, sehr tiefen, kreisförmigen Löchern, von denen aus radienförmig Spalten gehen, zu rechnen (Calabrien). Die bei dem letztgenannten Erdbeben entstandenen Rundlöcher (Fig. 225 a. f. S.) hatten bis 2,7 m Durchmesser und verengten sich nach unten; sie waren zum Teil mit Wasser gefüllt, zum Teil leer; auch sind die eben erwähnten Radialspalten deutlich zu erkennen.

Fig. 223.

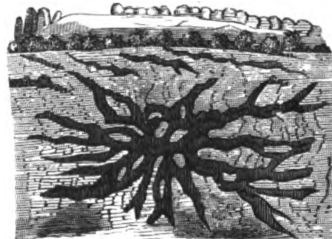
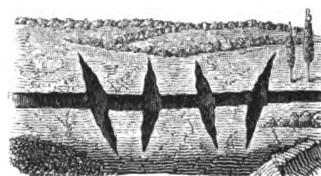


Fig. 224.

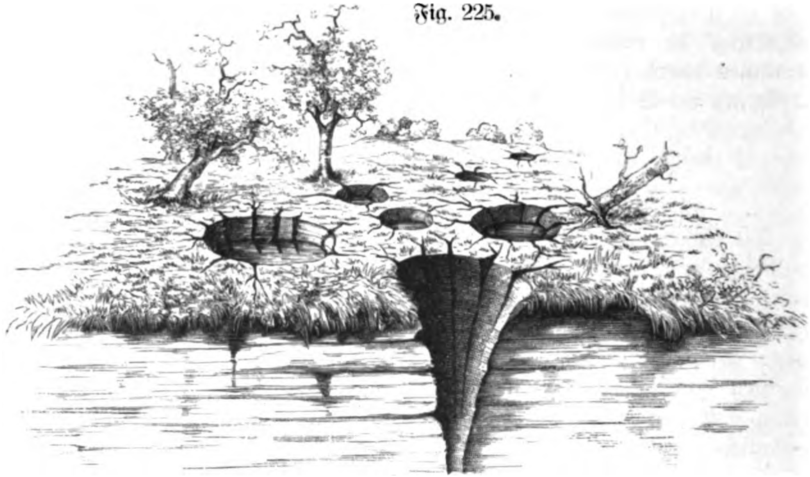


Spaltensysteme nach Erdbeben.

2) In der Hebung und Senkung von Erdschichten oder von ganzen Ländergebieten; so wurden große Teile von Chile 1822 nach dem Erdbeben gehoben, und

3) in der Erregung starker Wasserwellen. Das Meerwasser zieht sich dann auf weite Strecken zurück, um als hohe Meereswelle (bis 20 m hoch) an das Ufer, alles verheerend, zurückzustürzen.

Fig. 225.



Die trichterförmigen Erdlöcher (Rundlöcher) nach dem Erdbeben von Calabrien 1783.

Diese Meereswellen lassen sich erklären durch gleichzeitige Erschütterung des Meeresgrundes oder als Reaktionswellen, ähnlich wie bei einem wellenerregenden Körper in der Nähe des Ufers zunächst eine fortschreitende niedrige Welle entsteht und dann dem Ufer entlang durch das Nachströmen die Reaktionswelle nachfolgt. Nur die zerstörenden starken Erdbeben zeigen diese Erscheinungen.

Die bleibenden, dauernden Wirkungen der Erdbeben sind gering; — so verwüstend und verheerend sie wirken auf die Werke von Menschenhand, und auf den ersten Anblick auch auf die Natur, so schnell werden doch alle diese Spuren im Laufe der Jahre wieder verwischt.

Als dauernde Wirkungen sind hervorzuheben Schichtenverschiebungen und Hebungen, wie bei dem großen Erdbeben von Chile 1835, nachdem schon vorher 1823 nach dem großen Erdbeben von Valparaiso die Küste um ca. 1 m gehoben, nachher aber wieder gesunken war, und Senkungen, wie sie nach dem großen Erdbeben von Kachh (Cutch) 1819 (16. Juni) stattfanden östlich vom Indusdelta. Bei diesem Erdbeben fand das Herabsinken einer großen Scholle statt (94 Quadratmeilen), und zwar so langsam und ruhig, daß das Dorf Sindree und ein Fort der Engländer nicht zusammenstürzten. Im Norden entstand eine Hebung, die einen dammartigen Eindruck machte und deshalb den Namen Gottesdamm (Ullah-Rued, Ullahbund) erhielt. Die Hebung be-

trug ca. 3 m und umfaßte ein Gebiet von 11 Meilen Länge und 3 Meilen (geogr.) Breite. Jede größere Karte zeigt diese Verhältnisse.

Hierher gehören auch die Verwerfungen der Schichten, die nach dem Erdbeben vom 28. Oktober 1891 (dem Gifu- oder Mino-Owari oder Ai-Gi-Erdbeben in Mitteljapan, — das Erschütterungsgebiet umfaßte 215 900 Quadratkilometer —), einem richtigen Dislokationsbeben, stattfanden. Die große Verwerfungsspalte verlief unabhängig von der Oberflächengestaltung und geologischen Beschaffenheit und es zeigte sich an einzelnen Stellen eine Senkung von 5 bis 6 m, aber auch eine seitliche Dislokation bis zu 3 m; besonders wahrnehmbar ist diese Verwerfung bei Midori.

Eigentümlich war noch, daß fast gleichzeitig zu Hikoné am Ufer des Biwa-Sees ziemlich heftige Erschütterungen stattfanden, während der dazwischen liegende Landstreifen nur wenig erschüttert wurde. Man hat solche Erdbeben Relaisbeben genannt.

Relaisbeben. Ein solches Erdbeben ist gewissermaßen der Widerhall oder das Echo des entfernten Erdbebens. Es muß in dem Gebiete schon die Disposition zu Erschütterungen vorhanden sein. Pflanzen sich nun Erschütterungen eines tektonischen Erdbebens durch Spalten, Schichten unter der Erde fort, so wird in einer solchen Gegend die Erschütterung lebhafter gespürt oder es entsteht ein Erdbeben, es hat das erste Erdbeben als Auslösungsursache, als Vorspann (relais) gedient. Solche Erdbeben finden sich namentlich längs bestimmter Stoßlinien und sind namentlich bei den Erschütterungen am Rhein (überhaupt in Westdeutschland) und den österreichischen Linien (Laibach, Idria) sehr wahrscheinlich. Die Erdbebenbecken, Stellen innerhalb eines Erdbebengebietes, die von den Erschütterungen verhältnismäßig frei bleiben, zeigen, daß offenbar Struktur und Beschaffenheit des Bodens eine große Rolle spielen.

Die Frage der Auslösungserdbeben, d. h. die Entstehung der Erdbeben in einem Gebiete, das zu Erdbeben geneigt ist, durch irgend welche andere Ursachen ist noch nicht entschieden; ob dazu Veränderungen des Luftdruckes, Regengüsse und Unterspülungen ausreichen, scheint noch sehr zweifelhaft.

e) Begleiterscheinungen.

Als begleitende oder in einzelnen Fällen auftretende Erscheinungen sind zu nennen:

1) Die verschiedenen Geräusche (ähnlich dem Knattern von Gewehrfeuer, dem Rasseln von Ketten, dem Donner, dem Geräusch von zerbrechendem Glas, Kanonendonner u. s. w.). Sie gehen öfters dem Erdbeben voran und gelten dann als Vorboten derselben, öfters begleiten sie dieselben und manchmal treten sie gar nicht auf (Riobamba).

Zweimal sind auch solche Geräusche lange Zeit hindurch in Pausen auftretend beobachtet, ohne daß Erderschütterungen folgten (Guanaxuato 1784, Bramidos genannt, Insel Meleda (Melita) in Dalmatien 1822).

2) Bei manchen Erdbeben treten Schlammausbrüche, Wassergüsse und Dampfströme auf, in sehr seltenen Fällen sind Flammen oder Feuererscheinungen beobachtet.

3) In vielen Fällen werden ferner liegende Teile der Erdoberfläche in Mitleidenschaft gezogen; die Temperaturen von Quellen werden verändert, Quellen versiegen oder strömen stärker und werden getrübt, Landseen verändern zeitweise ihr Niveau.

Alle übrigen, die Erdbeben begleitenden Erscheinungen sind nicht als im ursächlichen Zusammenhange mit denselben stehend zu betrachten, da die größere Anzahl der Erdbeben nicht von den betreffenden Erscheinungen begleitet ist. — Dahin gehören:

Die meteorologischen Erscheinungen; Schwüle der Luft, Windstille gelten als Erdbebenanzeichen, in vielen Fällen findet bei Erdbeben nichts dergleichen statt; auch Veränderungen der Richtung der Magnetnadel sind nicht immer nachgewiesen, wenngleich sie häufig vorkommen; die angebliche Vorahnung der Tiere gehört in das Gebiet der Fabel, während natürlich nach eingetretenem Stoße die Tiere starke Beunruhigung zeigen. In Bezug auf Barometerstand finden sich keine regelmäßigen Beziehungen, ebenso wenig wie solche mit dem Auftreten der Gewitter, des Regens oder Nebels nachweisbar sind, wenngleich natürlich einzelne Erdbeben von solchen Erscheinungen begleitet werden (dem Erdbeben von Calabrien ging ein Nebel über ganz Europa voran, gleichzeitig fand der Ausbruch des Skaptar Jökul auf Island statt).

Hieraus folgt, daß es keine Vorzeichen giebt als die erwähnten Geräusche, sowie schwache Stöße, die häufig starken vorangehen.

Auch hinsichtlich der Zeit hat man geglaubt bestimmte Regelmäßigkeiten und Beziehungen auffinden zu können. Die Tageszeit bietet gar keinen Anhalt dafür. Daß des Nachts in bevölkerten Länderstrichen die Stöße eher wahrgenommen werden, erklärt sich aus der dann herrschenden Ruhe.

Die Jahreszeiten, verglichen in Bezug auf Erdbebenhäufigkeit, geben auch verschiedene Resultate, je nachdem bestimmte Gebiete, bestimmte Zeiten oder kürzere oder längere Zeiträume in Betracht gezogen werden. So sind in den Pyrenäen die meisten Erdbeben im Sommer, in der Schweiz im Winter beobachtet, seit 1801 fallen von den Gesamtbeobachtungen die meisten in den Winter und Herbst (von 914 Erdbeben erfolgten 291 im Winter, 169 im Frühling, 224 im Sommer und 230 im Herbst).

Ebenso wenig Sicheres ergiebt die Anzahl in den einzelnen Monaten. Von den von 306 bis 1844 bekannt gewordenen Erdbeben fallen 336 in den Januar als den erdbebenreichsten Monat; nimmt man aber die Erdbeben von 1801 bis 1844, so ist der Februar der erdbebenreichste Monat.

Auch lassen sich Perioden der Wiederkehr oder ein Zusammenhang mit Perioden anderer Erscheinungen (Sonnenfleckperiode) bis jetzt nicht nachweisen.

f) Erklärung der Erdbeben.

Aus dem Vorhergehenden ist es schon klar, daß nicht eine Ursache für alle Erdbeben angenommen werden kann. Zunächst sind es vier hauptsächliche Ursachen, die man den Theorien zu Grunde gelegt hat und die eine Einteilung der Erdbeben in vulkanische Beben, Einsturzerdbeben, Dislokations- (tektonische Erdbeben) und Relaisbeben zulassen; über letztere ist, da sie

sehr schwer nachweisbar sind, oben einiges im Anschluß an einen bestimmten Fall mitgeteilt (S. 359).

Die vulkanische Theorie, die die Erdbeben in engste Beziehung zu den vulkanischen Ausbrüchen bringt, vermag zwar in vielen Fällen, wo die Erdbeben offenbar mit vulkanischen Ausbrüchen im Zusammenhange stehen, eine befriedigende Antwort zu geben; es wird aber damit die Frage nur auf die Ursachen der vulkanischen Ausbrüche zurückgeführt. Im Zusammenhang mit dieser Hypothese, die eine hohe Temperatur des Erdinnern voraussetzt, steht die Annahme von sich expandierenden und explodierenden Dämpfen und Gasen, welche, unter ungeheurer Spannkraft stehend, Durchbrüche nach kälteren Erdspalten suchen und die Erschütterungen hervorbringen.

Diesen Theorien gegenüber steht die Einsturztheorie, die aus dem Einstürzen großer Höhlungen im Erdinnern die Erscheinungen erklärt. Man hat zeitweise dieser Theorie eine zu große, dann auch wieder zu geringe Wichtigkeit beigemessen. Durch viele Prozesse können große Höhlungen in der oberen Erdrinde entstehen. Gips, Steinsalz u. s. w. sind leicht löslich. Die unterirdischen Gewässer werden sie lösen, die Höhlungen werden größer und größer und ein großer Einsturz, dem kleinere nachfolgen können, wird „Erdbeben" hervorbringen können. Auf diese Weise sollten namentlich die Schweizer Erdbeben im Rhonethal 1855 entstanden sein. Die Erdfälle in Gipsgebieten deuten auf diese Entstehung hin; ist doch die Zerstörung der unter der Erde befindlichen Gesteine noch dadurch begünstigt, daß bei Zerklüftungen das Wasser auch mechanisch wie an der Oberfläche große Mengen Substanz mit fortführen wird.

Auch die oben erwähnten Detonationen von Meleda (Dalmatien), die August und September 1823 bis 1825 in abgeschwächtem Grade stattfanden, werden von einigen auf Herabfallen und Fortrollen von Gestein in unterirdischen Höhlen zurückgeführt.

Noch stärker können Ausspülungen der heißen Quellen wirken. Das Erdbeben von Ischia 1883 wird von manchen in der Weise erklärt, daß die durch heiße Quellen, die sehr viel feste Stoffe enthalten, vergrößerten Hohlräume zum Einsturz gekommen seien. Von den Erdbeben des Karst, wo Bodeneinstürze in großem Maße stattgefunden haben (Dolinen) und zahlreiche gewaltige Höhlungen und Höhlen das Kalkgebirge durchsetzen, werden gewiß manche Beben als Einsturzbeben zu beanspruchen sein, während die Mehrzahl wohl zu den tektonischen, durch Verschiebung der Schichten hervorgebrachten, gehören.

Wie leicht durch solche Höhlungen Erschütterungen und Einstürze erfolgen können, sehen wir auch in den Gebieten, die durch den Bergbau vielfach durchwühlt sind, wie dies in Eisleben und in dem böhmischen Braunkohlengebiete der Fall gewesen ist.

Eine vermittelnde Theorie wird durch Mallets Annahme begründet, der die vulkanischen Erscheinungen und Erdbeben aus dem Zermalmen und Zerdrücken von Felsmassen im Innern der Erde, hervorgebracht durch die allmähliche Abkühlung und Zusammenziehung, erklärt. Auch gehört hierher die Anschauung, die in dem Aufreißen von Spalten bei der Entstehung krystallinischer Massen die Veranlassung sieht.

Andererseits haben einige die Ursache in außerirdischen Verhältnissen gesucht.

Von diesen Theorien ist die bekannteste die Fluttheorie, die annimmt, daß das feurig-flüssige Erdinnere einer Ebbe und Flut unter dem Einfluß von Mond und Sonne unterworfen sei, und als Hauptstütze die Verteilung der Erdbeben der Zeit nach anführt; zu diesen ist die Falbsche Theorie zu rechnen. Diese so wenig wie die übrigen Fluttheorien haben sich bewahrheitet, da nur ein verhältnismäßig seltenes Zusammenfallen oder Sichvermehren der Erscheinungen bei bestimmten Stellungen der Gestirne sich ergiebt.

Diesen Theorien würden sich die Phantasietheorien anschließen, von denen nur die elektrische erwähnt werden mag. Unterirdische Gewitter in den Hohlräumen der Erde sollten die Erschütterungen hervorbringen resp. auch Ausgleiche starker elektrischer Spannungen in den einzelnen Erdschichten und doch hat man bei den Erdbeben niemals starke elektrische Phänomene, die sich doch an der Oberfläche gezeigt haben müßten, wahrgenommen. Fast kann man hierher auch die Theorie rechnen, nach welcher die angeblich größere Häufigkeit der Erdbeben im Winter aus der größeren Schneebelastung Sibiriens sich erklärt. Solche Theorien, auf schwankender physikalischer Basis sich aufbauend, finden sich heute in allen Gebieten, wie ja auch manche das Nordlicht durch Reflexion der Sonnenstrahlen am Polareis erklären wollten: diese Theorien führen dann hinüber zu den abergläubischen Vorstellungen der alten und modernen Völker.

Als Resultat der Theorien könnte man folgendes feststellen:

Wenn von den rein vulkanischen Erdbeben abgesehen wird, so haben neuere Studien der Erdbeben ergeben, daß Ursache und Entstehung aus dem Aufbau der Erdrinde, aus ihrer Tektonik vollständig befriedigend zu erklären sind. Die Erdbeben, die vulkanischen ausgenommen, sind fast alle tektonisch. Es finden im Innern noch Verschiebungen der Schichten, namentlich an Bruchstellen, statt, und dadurch müssen Erschütterungen an der Erdoberfläche entstehen, die um so gewaltsamer, um so verheerender sein müssen, je größer sie sind, je näher an der Oberfläche sie stattfinden. Es sind die gebirgsbildenden Kräfte, als deren Äußerung die Erdbeben anzusehen sind; sie treten deshalb auch besonders in Gebieten auf, von denen wir auch sonst annehmen müssen, daß ihre Bildung noch weiter geht (Balkanhalbinsel).

Die tektonischen Erdbeben zeigen uns, daß auch im Erdinnern die Fortbildung von Lagerungen und Schichtenänderungen stattfindet; in den jüngsten Gebirgen sind sie am häufigsten, in den ältesten Schichten finden wir die wenigsten Erschütterungen, wie in Schweden, Norwegen. Unmittelbar hängen so die Wirkungen der Erdbeben mit den großen tektonischen Niveauveränderungen, den Hebungen und Senkungen, die am Schluß dieses Abschnittes besprochen werden, zusammen.

Nur noch einer eigentümlichen, sehr geringen, fast regelmäßigen Hebung und Senkung der festen Erdoberfläche möge gedacht werden, jener Schwankungen der Niveaus der Apparate, um die Horizontalität der Instrumente bei unseren Observatorien zu kontrollieren. Diese geringen Schwankungen haben ihren Grund in Schwankungen des Erdbodens, die auf Änderungen der

Temperatur an der Oberfläche, wie sie die Jahreszeiten mit sich bringen, zurückzuführen sind.

Die Untersuchungen der Erdbeben werden jetzt zum Teil auf rein physikalischem Boden aufgebaut, man verläßt die rein statistische Methode, die so leicht dahin führt, gleichzeitig sich abspielende Vorgänge in Zusammenhang von Ursache und Wirkung zu bringen, ohne daß man sich klar macht, ob eine solche Möglichkeit überhaupt vorhanden ist. Freilich wird die Statistik, wie auch in der Meteorologie (die in einer ähnlichen Lage wie die Seismik ist), immer wertvolles Material liefern, und es ist zu bedauern, daß die mühsamen, großen Zusammenstellungen, wie sie Perrey lange Jahre durchgeführt hatte, nicht international fortgesetzt werden, zumal da gerade bei den Erdbeben und bei anderen auffallenden Erscheinungen die jetzigen Publikationsmethoden oft unsicheres oder übertriebenes Material bekannt geben, das einer sorgfältigen Nachprüfung bedarf.

g) Seebeben.

Daß auch der Meeresboden ähnlich wie der Erdboden erschüttert werden kann, ist vielfach nachgewiesen; Erschütterungen, welche Schiffe in tiefen Meeren erfuhren, plötzlich entstehende, weithin sich verbreitende Fluterscheinungen sprechen dafür und es ist kein Grund, die submarinen Erdbeben (Seebeben) nicht in ähnlicher Weise zu erklären, wie die auf der festen Erde stattfindenden; es sind Erschütterungen des Meeresbodens, die sich fortpflanzen.

Ein solches Seebeben verursachte die große Flutwelle, welche Japan am 15. Juni 1896 an der Ostküste auf eine Länge von 550 km verwüstete; namentlich litten die Inseln Kinkwasan und Hokaido, 30000 Menschen verloren das Leben, das Festland wurde von diesem Tage an häufig erschüttert, so daß manche geneigt sind, die Ursache der Flutwelle durch Ab- oder Einstürze zu erklären, während meist eine Hebung des Bodens der Tuskaroratiefe als das primäre angenommen wird. Vorzeichen, abgesehen von einigen leichten Erdstößen, fanden nicht statt, auch boten die meteorologischen Erscheinungen nichts Besonderes.

Anhang zum Abschnitt Erderschütterungen.

Die bisher gegebene Skizze sollte nur die hauptsächlichsten Punkte berühren, welche bei der zu einer selbständigen Wissenschaft herangewachsenen Seismologie in Betracht kommen. Bei der großen Verschiedenheit der Einzelerscheinungen und der bedeutenden Entwickelung, welche die Erdbebenkunde in der letzten Zeit erhalten hat, ist es indes wichtig, auf einzelne Punkte näher einzugehen und Belege für dieselben zu geben. In folgenden Anhängen werden behandelt:

1. Die wichtigsten Erdbeben (der Zeitfolge nach, chronologisch, mit einigen Bemerkungen).

2. Die Erdbebenmessung (Seismometrie) und die Erdbebenmeßinstrumente (Seismoskop, Seismometer, Seismograph).
3. Besondere Statistik und Nebenerscheinungen.
   α) Verteilung und Häufigkeit der Erdbeben.
   β) Fortpflanzung der Erschütterungen.
   γ) Notizen über sonstige Erscheinungen bei Erdbeben.
   δ) Bemerkungen über Zerstörungen an Gebäuden.
4. Einiges zur Theorie der Erdbeben.

1. Die wichtigsten Erdbeben nebst einigen Bemerkungen.

Aus den Zeiten, in welchen naturwissenschaftliche Beobachtung nicht bestand und man den Zusammenhang der Naturerscheinungen nicht zu ermitteln suchte, sind Nachrichten über Erderschütterungen nur dann auf uns gekommen, wenn das Furchtbare der Erscheinung besonderen Eindruck auf die Gemüter der Menschen machte, und die Nachrichten sind um so unsicherer, als die Hülfsmittel der litterarischen Wiedergabe des Gesehenen und Gehörten äußerst beschränkt waren.

Über die Erdbebenkatastrophen im Altertum haben wir im Plinius eine Zusammenstellung, die uns zugleich die Erklärungsversuche des Altertums mitteilt. Diese zeigen z. T. Anklänge an neuere Theorien, — Einstürze und Wasserwirkungen, auch kosmische Einflüsse (Gestirne) spielen eine Rolle, doch haben sie so wenig Einfluß auf die Entwickelung der Erdbebenwissenschaft, der Seismik, gehabt, wie die abergläubischen Vorstellungen der ostasiatischen Völker, die die Erdbeben als durch gewaltige Tiere, die sich unter der Erde befinden (Walfisch u. s. w.), entstanden ansehen. Die Seismik ist eine ganz moderne Wissenschaft.

Als das heftigste Erdbeben wird das unter der Regierung des Kaisers Tiberius angegeben, bei dem viele Städte in Asien in einer Nacht vernichtet sein sollen; zur Zeit des zweiten punischen Krieges sollen viel Erdbeben stattgefunden haben, im Jahre 217 v. Chr. allein 57, ja während der Schlacht am Trasimenischen See soll ein Erdbeben Italien erschüttert haben, das aber von den kämpfenden Völkern nicht wahrgenommen wurde.

Aus späteren Zeiten liegen auch einige sehr ausgeschmückte Nachrichten vor; diese Unsicherheit der Nachrichten finden wir auch bei den Angaben aus Japan und China; aus ersterem Lande haben wir für die Zeit vom J. 416 bis 676 4 Erdbebennachrichten, von 700 bis 1872 191 Erdbeben, unter denen das von Setu, 887, bei dem der Berg Ogawa einstürzte, und das vom 8. Januar 1586 von Kioto als besonders furchtbar geschildert werden. Die Hauptstadt von China, Peking, ist wiederholt von Erdbeben zerstört worden, 1665, 1679, 1720 und 1730, und die jetzt von Japan eroberte Insel Formosa wurde im Mai 1782 von einem Erdbeben vollständig verheert.

Von den europäischen Erdbeben mögen folgende aus der Zeit bis 1500 hervorgehoben werden. Syrien ist im Altertum oft erschüttert gewesen, wie überhaupt der Orient damals und jetzt hervorragend von Erdbeben heimgesucht wurde. Im Jahre 17 n. Chr. sollen nach Plinius (II, 84, vergl. oben)

13 Städte vernichtet worden sein, 315 wurde Arnepolis zerstört und bei dem großen Erdbeben unter Justinian (526) wurde das Oronteschal verwüstet, 200 000 Menschen sollen dabei ihr Leben verloren haben, 60000 allein in Antiochia; 551 wurden Barytus und Sidon vernichtet, das Mittelmeer trat über die Ufer. In späteren Zeiten fanden ebenfalls noch Verheerungen in Syrien statt, 1169, 1202, 1759, die furchtbarste Katastrophe nach der von 526, auch die im Jahre 1822 kam ihr fast gleich. Bekannt ist auch, daß Herculaneum und Pompeji 63 durch ein Erdbeben zerstört wurden, wahrscheinlich ein Vorläufer des Vesuvausbruches von 79.

Am 18. Oktober 1356 fand das furchtbarste Erdbeben, das Mitteleuropa erfuhr, statt. Basel wurde zerstört; die Verwüstung von Villach, die vorher (25. Januar 1348) stattfand, wird von manchen damit in Verbindung gebracht. Über Erdbeben in Niederösterreich liegen Nachrichten aus 1281 und 1282 (Neustadt), ebenso von 1587, 1668 vor. Daß während der Erdbeben keine oder mangelhafte Beobachtungen angestellt und unrichtige Angaben gemacht wurden, liegt in der Natur der Sache; auch damals werden, wie vielfach heute noch, Übertreibungen vorgekommen sein, namentlich in Beziehung auf die Zahl der Opfer, Wahrnehmung von Flammen, Veränderungen der Flußläufe &c. Es ist natürlich, daß, je mehr wir uns der Gegenwart nähern, desto häufiger die Nachrichten werden; mehr und mehr wurde der Erdkreis bekannt, das erdbebenreiche Amerika lieferte Nachrichten von bedeutenden Katastrophen und heute wissen wir, daß das Wort Humboldts als Wahrheit zutrifft, daß wohl in keinem Augenblicke die feste Erde ganz unerschüttert wäre.

Aber nur die hauptsächlichsten als „Erdbeben“ zu bezeichnenden Erschütterungen mögen im Nachfolgenden in aphoristisch-registrierender Form erwähnt werden:

Vor 1700.

1510 Erdbeben von Konstantinopel (45 Tage).

1678 Anschwellen der Garonne nach einem Erdbeben.

1682 Lima durch Erdbeben zerstört.

1692 Jamaika verwüstet (stark, 3 Minuten; längere Periode, sehr große Spaltenbildung).

1693 Sicilien (sehr stark, 60 000 Menschen sollen umgekommen sein).

Von 1700 bis 1800.

1702 und 1703. Erdbeben in den Abruzzen; Aquila zerstört, Wasser- und Steinauswürfe; Flammen und Dämpfe bemerkt.

1730, 30. Dezember. Großes Erdbeben von Oclawaios, Yeddo und Boshu in Japan (Menschenverlust 137 000).

1737. Erdbeben in Kamtschatka nach Ausbruch des Kliutschewskaja; wiederholte hohe Meereswelle (ca. 6,5 m), weites Zurückweichen des Meeres.

1746, 28. Oktober. Erdbeben von Lima und Callao, lineare Verbreitung, hohe Flutwelle (ca. 27,6 m); 5 Monate lang Stöße (451), Schiffe eine Stunde weit ins Land geworfen. Keine Vorzeichen. Große Zerstörungen.

1751. Erdbebenflut bei Juan Fernandez und Concepcion.

1755, 1. November. Erdbeben von Lissabon. Erster Stoß 5 bis 6 Sekunden, Dauer 5 Minuten, central; Erschütterungsgebiet 700000 Quadratmeilen. Kein Vorzeichen. Starke Flutwelle (ca. 12,5 m hoch), 3 bis 4 mal wiederkehrend, weit in den Atlantischen Ocean sich fortpflanzend (Madeira, Barbados); Quellen der Provence werden getrübt, die Teplitzer Quellen versiegen und kommen mit viel Eisenoxyd gefärbt wieder hervor; Dampf- und Schlammausbrüche, Flammen am Felsen von Alvidras beobachtet, Steigen des Sees von Neufchâtel, Sinken des Niveaus des Murtener Sees; auch der Loch Lomond (Schottland) stieg 0,6 bis 0,9 m, ebenso war der Wener See beunruhigt. 32000 Menschen kamen bei diesem Erdbeben um. Der Vesuv war bis Januar 1755 thätig; im Februar werden die griechischen Inseln erschüttert, im Juni Persien, im August England.

1756 bis 1758. Erschütterungen in Deutschland, England, Frankreich.

1759. Erdbeben von Damaskus.

1762, 2. April. Erdbeben von Chittagong (Bengalen). Starke Schlammausbrüche.

1766, 21. Oktober bis 1767. Erdbeben der Karaibischen Küste (Venezuela, Maracaibo); fast stündlich Stöße.

1770. Erdbeben von Domingo (großartige Spaltenbildungen).

1783, 5. Februar. Erdbeben von Calabrien. Central. Erst nach 10 Jahren hörten die Stöße auf (bei Monteleone 949 Stöße in einem Jahre), Fortrückung des Centrums von Oppido nach Girifalco. Vor dem ersten Stoße Schlammstrom bei Laureana. Dauer der ersten Bewegung zwei Minuten, succussorisch, Zerstörung bis Messina reichend (400 Städte zerstört und 100000 Menschen gingen zu Grunde); in Calabrien ruhiges Wetter, in Messina Gewitter, im nördlichen Europa Nebel, keine Vorzeichen, größter Radius der Ausbreitung 18 Meilen, Bildung kegelförmiger Sandhaufen und der Rundlöcher von Rosarno (vergl. S. 358); Durcheinanderschütteln des Erdreichs, 31,4 m breite Spalten klaffen auf mit verschieden hohen Rändern, Drehung der oberen Steine des Obelisken von Stefano del Bosco; Bildung des Lago del Tolfilo (ca. 560 m lang und 16,2 m tief).

1797, 4. Februar. Erdbeben von Riobamba. Succussorisch, Leichname auf benachbarten Hügeln gefunden, kein Geräusch; Erschütterung 20 Minuten später in Quito; großartige Spaltenbildung, Entstehung der Moyas (kleine fortschreitende Kegel, die schlammigen Tuff ausstoßen); der Vulkan von Pasto hörte auf am 2. Februar zu rauchen; Getöse in Quito und Ibarra.

1797, 27. Dezember. Erdbeben auf den Antillen. Ausbruch des Vulkans von Guadeloupe. Vorher am 14. November Erdbeben von Cumana, Dampf- und Schlammausbrüche.

Von 1801 bis 1820.

1805. Erdbeben von Neapel (Windstöße und Gewitter).

1808, 2. April bis 17. Mai. Erdbeben von Pinerolo (Piemont). Viele

Stöße, starke elektrische Spannung der Atmosphäre. Keine magnetischen Störungen.

1811 bis 1813. Mississippi-Erdbeben; namentlich bei Neu-Madrid und Little Prairie (Stöße zuerst fast von Stunde zu Stunde), 29000 Quadratmeilen erschüttert; kesselförmige Löcher (sink-holes) ca. 9,4 bis 28,2 m Durchmesser, 6,2 m tief (bleibend). Arkansas und Ohio erschüttert; undulatorisch. Sand- und Schlammausbrüche, Schlamm bis zur Spitze der höchsten Bäume emporgeschleudert, vielfache Spalten (die Ansiedler retteten sich auf quer über den Spalten liegenden Bäumen). Wellenförmige Bewegung der Wälder, parallel fortschreitendes Erdbeben, N. N. O. bis S. S. W. Geschwindigkeit der Fortpflanzung 590 bis 885 m in der Sekunde; temporäres Aufdämmen des Mississippi durch Anschwellen des Erdbodens.

1812, 26. März. Erdbeben von Caracas. Dauer 5 bis 6 Sekunden. Stoß von O. N. O. bis W. S. W. 10000 Menschen kamen um. Sich durchkreuzende Wellen, Ausströmen von Wassermassen, Erschütterungen dauern lange fort, Eruption des Vulkans von St. Vincent.

1815. Vulkanisches Erdbeben in Surabaya (Ausbruch des Tamboro).

1816, 2. Februar. Lissabon erschüttert, gleichzeitiges Seebeben im Atlantischen Ocean.

1818. Rheinisches Erdbeben. Central. 20. Februar 1818 Sicilien verwüstet (Catania, Entstehung von Brunnen, Statuen um ihre Achse gedreht rotatorisch?).

1819, 16. Juni. Erdbeben von Cutsch (Ostindien); translatorisch. Große Senkungen.

1820. Erdbeben von Zante (starke Nachstöße und Gewitter).

Von 1821 bis 1840.

1822. Erdbeben von Valparaiso (Stöße bis September 1823); stark undulatorisch, zum Teil rotatorisch. (Häuser um ihre Achse gedreht, drei Palmen zusammengedreht (?); kegelförmige Sandanhäufungen, lineare Erstreckung 260 Meilen).

1823, 24. November. Erdbeben in Schweden, in der Tiefe nicht bemerkt (b. Falun).

1824 (Sommer). Erdbeben in Böhmen (Quellen fließen stark).

1825. Erdbeben von Algier, Versiegen von Quellen und Brunnen.

1827, 16. November. Erdbeben im Thale des Magdalenenstromes (Kohlensäureausströmungen), gleichzeitig in Ochotsk; im Mai Erdbeben von Lauröe (Norwegen).

1828. 2. Februar. Ischia, Quellentemperatur beim Erdbeben gesteigert. — 23. Februar. Rheinisches Erdbeben (in der Tiefe nicht bemerkt). — 8. März. Erdbeben von Irkutsk (keine magnetischen Störungen).

1829, 19. November. Erdbeben von Chile; Hebung um 2 m.

1832, 22. Mai. Erdbeben von Lahore; durchzieht den Hindukusch.

1833. Erdbeben von Linköping in Schweden (Motalafluß versiegt kurze Zeit).

1834, 6. Juli. Erdbeben von Glarus (sturmwindartiges Geräusch).

1835, 20. Februar. Seebeben und Erdbeben von Chile, Concepcion zerstört; Herausstoßen eines Mastbaumes, Schiffe verlieren durch senkrechten Stoß ihre Maste.

1837, 7. November. Erdbeben von Valdivia (Erschütterungskreis erstreckt sich bis zu den Schifferinseln, Sandwichinseln).

1838, Januar. Erdbeben in der Walachei (Spalten 627,7 bis 941 m lang, 0,2 bis 0,5 m breit), starke Schlammauswürfe.

1839. Erdbeben auf den Antillen (besonders Martinique).

1840. Erdbeben in Armenien. Ausbruch des Ararat. Spalten an den Ufern des Araxes, Gasausbrüche selbst im Strombett, Quelle des heiligen Jakob erhält einen anderen Lauf, Versiegen von 30 Quellen bei Nachitschewan.

Von 1841 bis 1860.

1843, 4. Januar. Erdbeben in den Vereinigten Staaten. 29 000 Quadratmeilen werden erschüttert (Jowa), Fortpflanzungsgeschwindigkeit nach W. 605 m, nach Osten 908 m in der Sekunde. — 8. Februar. Erdbeben von Guadeloupe. Dauer 1,5 Minuten, Gas- und Schlammausbrüche, paralleles Fortschreiten des Erdbebens (Achse N. W. bis S. O.).

1846, 29. Juli. Erdbeben von St. Goar. Mittelpunkt Kochem, central.

1851, 15. Mai. Erdbeben von Majorka (Richtung des Stoßes genau beobachtet W. bis O.). — 14. August. Melfi und Rapolla (Süditalien) zerstört; succussorisch. — 1. November. Erdbeben von Valdivia (bei Tahiti steigt das Meer noch 6,3 m).

1853, 18. August. Erdbeben von Patras, Theben, Brussa (15 Monate lang, fast täglich Stöße).

1855, 25. Juli. Erdbeben von Visp und Sion. Areal 3700 Quadratmeilen (Genf, Basel, Luzern, engerer Kreis; Genua, Valence, Dijon, Metz, Coburg, Wetzlar, weiterer Kreis); 25. Juli bis 6. September in Sion 140 Stöße, 60 ohne Detonationen, 80 mit Detonationen; central.

1856. Erdbeben von Honduras (in einer Woche 108 Stöße). — 12. Oktober Ägypten.

1857, 16. Dezember. Erdbeben von Neapel, Areal 1843 Quadratmeilen.

Von 1861 bis 1877.

1861. Erdbeben von Mendoza (furchtbare Verheerungen).

1868, 1. März. Erdbeben auf Hawaii (2000 Stöße). — 13. August. Erdbeben von Arica und Iquique (große Flutwelle). — 16. August. Erdbeben von Ecuador (15 Minuten, 40 000 Menschen getötet).

1869, 12. Januar bis 31. März 1870 und Februar 1871. Erdbeben von Großgerau (Hessen).

1870. Erdbeben im Karst (Klana). — Erdbeben von Cosenza, Schlammausbruch. — Erdbeben in Battang (China), stark wellenförmig. — 1638 bis 1870 einschl. sind in Neuengland an 272 Tagen Erdbeben beobachtet.

1871, März. Erdbeben in Nordengland; Ströme im atlantischen Kabel.

1872, 6. März. Mitteldeutsches Erdbeben, central. Bezirk Breslau, Berlin, Tübingen, Regensburg, Frankfurt a. M., — Areal 3100 Quadratmeilen.

1873 werden 127[1]) verschiedene Erdbeben aufgezählt, von denen 111 nicht mit einer Mondphase zusammenfallen. — 29. Juni. Erdbeben von Belluno (München, Steiermark, Krain erschüttert), transversal (gleichzeitig Erdbeben in Oran, La Plata). — 7. Oktober. Großgerau in Hessen. — 22. Oktober. Erdbeben von Herzogenrat (fast $2^1/_2$ Monate wird die Gegend erschüttert); im Odenwald Erschütterungen.

1874. 123 Erdbeben.

1875, 17. und 18. März. Stärkeres Erdbeben in Italien.

1876. 104 Erdbeben.

1877 im ganzen 109 Erdbeben beobachtet, davon 33 im Winter, 31 im Frühling, 11 im Sommer, 34 im Herbst. — Callao am 22. April, 14. Mai und 9. Oktober. — 9. Mai. Das große Erdbeben von Iquique, Arica. Besondere Untersuchungen ergaben für das Epicentrum 3,66 Meilen, für die Fortpflanzungsgeschwindigkeit 3,85 Meilen in der Minute = 474,83 m in der Sekunde; polarisierte Fortpflanzungsform in Beziehung zur Formation. — Ferner 9. Mai, Cobija, 20 m hohe Erdbebenwelle bis Hilo. — 8. Oktober Schweiz erschüttert.

Von 1878 an.

Auch aus den nachfolgenden Jahren mögen nur die hauptsächlichsten Katastrophen angeführt werden, die zu besonderen Beobachtungen Veranlassung gaben. Die Erschütterungen der festen Erdrinde sind so häufig, daß eine vollständige Registrierung äußerst schwierig ist, zumal da viele Nachrichten unsicher und unzuverlässig erscheinen. Die Erdbebenforschung hat in den letzten Jahren einen solchen Umfang angenommen, daß nur die Hauptpunkte hervorgehoben werden können. Die Beobachtung der Verbreitung der Erderschütterung bis zu fernen Observatorien, die Unterscheidung verschiedener Arten von Wellen mit verschiedener Fortpflanzungsgeschwindigkeit, die Frage, ob sich die Erschütterung durch den Erdkörper hindurch fortpflanzen kann und welche Struktur der Erdrinde die Erdbeben besonders begünstigt oder hervorruft, sind Gegenstände der augenblicklichen Forschung. Die stete Vervollkommnung der Instrumente, der Seismographen, Seismometer, Tromometer, Mikroseismometer, gestattet die geringen Erschütterungen und Bodenbewegungen zu messen, und die Häufigkeit der letzteren läßt nach und nach die Vorstellung vom Starren schwinden. Zu den großartigsten Katastrophen zählen das vulkanische Erdbeben beim Krakatoaausbruch 1883, das Erdbeben von Ischia in vulkanischer Gegend, sowie die Erdbeben in Ligurien, in Andalusien und Konstantinopel, die als rein tektonische (bisweilen auch neptunische genannt) in Anspruch zu nehmen sind.

[1]) Wenn hier und im folgenden aus einzelnen Jahren eine Gesamtzahl genannt wird, so sind damit nur die hervorragenden Beben gemeint, auch ist nicht jede einzelne Erschütterung einbegriffen. Vollständige Zusammenstellungen ergeben viel höhere Zahlen und sind in besonderen Katalogen aufgeführt.

Das Jahr 1878 war besonders reich durch die Zahl der vulkanischen Eruptionen und Erdbeben und deshalb mag hier eine kurze zusammenhängende Übersicht folgen (nach Fuchs), wie sie sich in übersichtlicher Form in wissenschaftlichen Berichten (Fortschritte der Physik 1879) findet.

Es fand 1878 eine große Zahl von Eruptionen, 12, allerdings meist in sehr entlegenen Gegenden, statt. Die Thätigkeit des Vesuv war am 20. April eine lebhaftere, ferner kam es in der Nacht vom 22. zum 23. September zu einer Lavaeruption in dem Atrio del cavallo, wonach die Thätigkeit bedeutend nachließ. An der Südspitze von Südamerika wurden durch vorübersegelnde Schiffe Eruptionen bemerkt, die eine auf Middle Island (English Narrows), die andere auf dem Festlande 48° 56′ südl. Br. Ferner wird von einer großen Eruption auf Tanna (Neu-Hebriden) am 10. Januar berichtet, begleitet von einer starken Erdbebenwoge. Die Eruption wiederholte sich am 4. Februar. Die Insel Birara (Neu-Britannien) wurde ebenfalls im Februar durch einen großen vulkanischen Ausbruch verwüstet; wahrscheinlich stammten von diesem die großen Bimssteinmassen her, bis 1,25 m hoch, welche bei Neu-Britannien und Neu-Irland beobachtet wurden, ebenso eine hohe Flutwelle. In Südamerika machte der Isluga (19° 10′ südl. Br.) einen sehr heftigen Ausbruch unter heftigem Erdbeben und Erguß ungeheurer Lavamassen, die fünf Leguas (ca. 33 km) entfernte Ortschaften (Cariquima, Carima u. s. w.) zerstörten. Unbedeutend waren die Ausbrüche des Hekla (27. Februar bis Ende März), Asamayama (Japan), Cotopaxi, Tepaco und Sitna (S. Salvador) und Izalco; sehr stark dagegen die Ausbrüche der Alëuten-Vulkane von Amukta, Tschegulук und Umnak (der 2800 m hohe Wsewidok); die Inseln Raiatea und Babora (Gesellschaftsinseln) sollen durch vulkanische Ausbrüche zerstört worden sein.

Lebhafte Eruptionen fanden an den Schlammvulkanen von Paterno (Ätna) statt.

Erdbeben wurden 103 gemeldet, und zwar waren 39 im Winter, 26 im Herbst, je 19 in Frühling und Sommer, darunter viele Erdbebenperioden mit außerordentlich vielen einzelnen Stößen. So wurden bei dem Erdbeben von Tarapaca in der Nacht vom 23. Januar 40 Stöße gezählt, und es hielt die Periode bis zum 12. April an, das Erdbeben von Tanna dauerte vier Wochen und in Catania fanden vom 4. Oktober bis 19. November sehr häufige Stöße statt. Das stärkste Erdbeben fand in dem bekannten Erdbebendistrikte Peru, Bolivia statt; es verwüstete, an Heftigkeit und Zerstörung fast dem Erdbeben von Iquique gleichkommend, besonders die Provinz Tarapaca. Seit 9. Mai 1877 waren Erschütterungen aufgetreten, deren heftigste die vom 23. Januar 1878 waren in Begleitung großer Flutwellen, die einen großen Teil der Küste verwüsteten. Das Erdbeben trat sogleich mit großer Stärke auf, die Erschütterungen breiteten sich bis über Arequipa und Pisagua hin aus, fortwährende Nachbeben fanden statt; am 20. Februar wurden sie wieder stärker und nahmen dann ab, ohne daß es noch zu großen Katastrophen kam. Ferner sind zu nennen: 2. März das Erdbeben in Punjab[1]), und

[1]) Das Erdbeben in Punjab war dadurch auffallend, daß an den meisten

November in Arkansas. Sehr stark war auch das Erdbeben von San Salvador am 2. Oktober. Von den europäischen Erdbeben seien folgende ausführlicher erwähnt. Das englisch-französische (Nordwest-Frankreich und Süd-England, Rouen, Havre, Dieppe, Paris, Wight, Brighton u. s. w.) am 28. Januar. Der südwestliche Schwarzwald und die nordwestliche Schweiz wurden erschüttert 16., 17. Januar und 29. März; Innsbruck 3., 10., 11. Januar, 2. Februar, 9. August; Großgerau 2. Januar, 25. März; Lissabon 26., 27. Januar, 8. Juni; Piemont 25. November; Bosporusländer (Konstantinopel, Brussa) 19. April bis Ende Mai. 24. Dezember Erdbeben in Sicilien, Schlammausströmungen am Ätna. Verhältnismäßig sehr ausgebreitet war das Kölnische Erdbeben 26. August (Cleve, Emmerich, Kyllburg, Düsseldorf, ferner in Belgien, Holland u. s. w.), mehr als 2000 Quadratmeilen umfassend. Es mag auf die Klinkerfuesschen Zeitbestimmungen hingewiesen werden, aus denen eine Fortpflanzungsgeschwindigkeit von 6,78 Meilen folgt, während die Tiefe auf 6,3 bis 8,7 Meilen angenommen wird. In Bergwerken (300 m tief), wie Altessen, wurde nichts bemerkt. Die Ursache der schwächeren Erdbeben ist schwer mit Sicherheit anzugeben. Übrigens fanden später auch noch in jenen Gegenden Erschütterungen statt. Buir am 26., 27., 28., 29. August, 2. September, 24. Oktober, 3. und 10. Dezember. Auch Eschweiler, Kohlscheid, Herzogenrat wurden erschüttert (das Kohlengebiet).

1879. 99 Erdbeben. Besonders bemerkenswert sind die lang andauernden Erschütterungen in Persien, 2. bis 29. April, die Beben in den Alpenländern (Graubünden, Arco, Laibach) am 14. Februar und die Erschütterungen in Bessarabien im Mai desselben Jahres, bei denen große Wassermassen aus der Erde emporDrangen.

Aus dem Jahre 1880 sind 225 Erdbeben gemeldet; am 21. Januar auf Kuba, die Erschütterungen dauerten mehrere Monate an, das Erdbebengebiet umfaßte die ganze Insel, sowie Teile des benachbarten Mexiko. Am 18. Juli wurde Manila heftig erschüttert, am 4. Juli fanden in der Schweiz und am 28. November in Schottland Erdstöße statt. Die auffallendsten Erscheinungen bot das Erdbeben von Agram, 9. November, dar, wo die Erschütterungen bis Anfang des folgenden Jahres fortdauerten, der Sitz der Erschütterung mußte hier ein größeres Gebiet im Erdinnern umfassen; dieselbe läßt sich charakterisieren als eine in senkrechter Richtung erfolgte schwingende Bewegung der einzelnen Bodenteilchen, also eine lange dauernde, fortschreitende, transversale Bewegung, die mehrmals ihre Richtung änderte.

1881 fand ein heftiges Erdbeben statt, welches am 3. April die Insel Chios verwüstete, und bei dem über 4000 Menschen ihr Leben verloren; die Nachstöße dauerten bis Ende August. Auch die Insel Ischia wurde am 4. März ziemlich heftig erschüttert. Im ganzen wurden 244 Erdbeben angegeben.

Im Jahre 1882 war die vulkanische Thätigkeit auf der Erde sehr gering; von den stärkeren Erdbeben fielen 7 auf den Winter, 54 auf das Frühjahr,

Stationen das Erdbeben gleichzeitig verspürt wurde. Einer Periode großer Trockenheit war Regen gefolgt. Es wird angenommen, daß der Regen Einfluß gehabt hat.

32 fanden im Sommer und 48 im Herbst statt. In den Alpen waren 38 Erdbeben zu vermerken (am 17. Juli Kärnten, Krain).

Das Jahr 1883 (im ganzen 261 Erdbeben, davon 66 in Amerika) ist durch zwei große Katastrophen ausgezeichnet: das Erdbeben von Ischia, 28. Juli, und das vulkanische Erdbeben, das durch den Ausbruch des Krakatoa hervorgebracht wurde, aber auch sonst war die Erde vielfach erschüttert, in Laibach, Neufchâtel, Sibirien (Baikal-See) und anderen Erdbebengebieten machten sich starke Bodenbewegungen bemerkbar. Im Oktober (15., 22., 23.) fand auch das starke Erdbeben von Tschesme (sonst bekannt durch die Seeschlacht von 1770) statt und am 22. Oktober wurden Triest und die Gegend bis Belluno erschüttert (in Kroatien und Spanien wurden im Oktober Erschütterungen bemerkt). Norwegen (Juni), Agram (September, Oktober), Klönthal, Nordmähren, Belluno (vergl. 1873, 29. Juni), Sevilla (in höheren Stockwerken mehr merklich) u. s. w. wurden ebenfalls erschüttert.

1884 sind aus dem Deutschen Reich 7, im ganzen 122 Erdbebenangaben vorhanden. Das merkwürdigste und stärkste Erdbeben, dessen Erschütterungen bis zum März 1885 dauerten, war das Erdbeben von Andalusien (Granada) 25. Dezember, das sich als ein rein tektonisches, durch den Aufbau der Erde bedingtes, nachweisen ließ.

Aus 1885 liegt uns eine wichtigere Nachricht über ein Erdbeben in Kaschmir, 30. Mai, vor.

1886 war die Erdbebenthätigkeit wieder bedeutend gesteigert (es liegen 489 Nachrichten vor). Brasilien wurde im Mai, ebenso Mexiko, Griechenland Ende August stark erschüttert, hervorragend aber durch seine Stärke wie durch die Fülle von Untersuchungen, die es veranlaßte, war das Erdbeben von Charleston am 31. August in Nordcarolina. Hier hat man, ähnlich wie bei den Vulkanen, die Arbeitsleistung der tektonischen Kräfte zu berechnen versucht und zu $1^3/_{10}$ Billion Pferdestärken gefunden. Das Epicentrum verteilte sich auf drei Punkte, die Tiefe des Centrums berechnet sich auf 12 engl. Meilen und die Erdbebenwelle pflanzte sich mit einer Geschwindigkeit von 40 bis 100 km in der Minute fort.

1887 war ebenfalls durch bedeutende und häufige Erdbeben ausgezeichnet. In Japan fand am 15. Januar ein heftiger Erdstoß statt (ungefähr 15 engl. Meilen von Tokio), bei dem die Amplitude (größte horizontale Verschiebung der Erdteilchen) 21 mm war und die Hin- und Herbewegung 2,5 Sekunden dauerte, während die Hauptbewegung sich auf 2 Minuten mit 60 Stößen verteilte. Es verbreitete sich auf 32000 engl. Quadratmeilen. Besonders bekannt geworden ist das Erdbeben an der Riviera, das sogenannte ligurische Erdbeben am 23. Februar 1887 6 Uhr früh. Es erregte hauptsächlich dadurch Aufsehen, daß es bekannte bevölkerte Gegenden, wo sich viele Fremde aufhielten, traf. Die Hauptzerstörung traf die Orte Oneglia und Diana-Marina, Diana-Castello und Bajardo (Epicentrum). Das Erdbeben war rein tektonisch; hervorzuheben ist, daß bei der Verbreitung auf benachbarte Länderstrecken die Erschütterungen dort (Schweiz) fast gleichzeitig an verschiedenen Orten wahrgenommen wurden. Man schenkte den magne-

tischen Störungen auf den entfernten Observatorien besondere Aufmerksamkeit. Es zeigte sich, daß der Gang der magnetischen Elemente nicht beeinflußt wurde, die Störungen also durch mechanische Erschütterungen hervorgebracht waren; darauf deuteten auch die Bewegungen, die man an den Niveaus (Libellen) verschiedener Observatorien beobachtet hat. Übrigens wurde dieselbe Gegend schon am 28. November 1884 und 5. September 1886 erschüttert. Die Richtungen der Bewegung wechselten. Ein weiteres Erdbeben fand im Juni 1887 in Straßburg statt. Aus demselben Jahre sind noch das Erdbeben von Sonora (Nordmexiko), über das zuerst die abenteuerlichsten Nachrichten verbreitet wurden, 3. Mai, und die starken Erdbeben von Turkestan (9. Juni und 16. Dezember, Vernoj) hervorzuheben; auch fanden am 15. September ein weiteres starkes Erdbeben in Ogawa (Japan) und im Dezember Erschütterungen in der Schweiz statt.

1888 zeigten sich nirgends starke Erschütterungen, wohl aber wurden schwache Stöße in den verschiedensten Ländern verspürt, Turkestan, England, Schottland u. s. w.; ebenso bieten die beiden folgenden Jahre keine besonders bemerkenswerten Erdbeben dar. 1889 dauerten die Erschütterungen in Turkestan an, ebenso in Griechenland, die sich 1890 fortsetzten. Kiushiu (Japan) erfuhr am 28. Juli ein ziemlich heftiges Erdbeben; aus dem Jahre 1890 ist außer den Erderschütterungen auf Madagaskar (1. Januar) kein Ereignis hervorzuheben.

1891. Es wären hervorzuheben die Erdbeben von Algier (Januar), Italien und Australien (Juni) und ein besonders starkes in Japan (28. Oktober 1891) auf Honschu (Nipon), wie fast alle japanischen Erdbeben ein Dislokationsbeben (Erdbeben von Mino-Owari, vergl. S. 359); die Vor- und Nachbeben waren außerordentlich bemerkenswert und sind eingehend untersucht worden. In Griechenland und der Türkei fanden Erdbeben in sonst wenig erschütterten Gebieten statt (Thessalien, Chalkis). Man kann dort neun Erdbebengebiete annehmen, die voneinander fast unabhängig sind, und sie auch als heterosiste (Gebiete, deren Erschütterungen von anderen Ländern kommen) und autosiste (Gebiete, in denen die Epicentren liegen) unterscheiden.

1892 bis 1894. Bei der immer mehr sich ausbreitenden Erdbebenbeobachtung liegen aus den verschiedensten Ländern Nachrichten vor, Griechenland, Japan, Amerika. Im Jahre 1892 war der Orient verhältnismäßig ruhig, 1893 aber wurden einzelne Stellen von starken Erdbeben heimgesucht. Die Erdbeben von Zante (31. Januar und 17. April), von Theben (20. bis 23. Mai) sind noch in frischer Erinnerung. Dadurch daß der Raum durch die Verkehrsmittel überbrückt, die Kenntnisnahme durch die Tagesnachrichten erleichtert und der Zeit nach nahe gerückt ist, so daß wir kurz nach dem Ereignis von demselben auch hören, wird das augenblickliche Interesse erregt, aber auch das ernstere Studium beeinträchtigt, da viele sich mit dem Gehörthaben begnügen und eine Nachprüfung der oft unrichtigen Nachrichten nicht eintreten lassen.

1893 dauerten die schon 1892 eingetretenen Erschütterungen bei Pembroke (Wales) fort, auch Beludschistan wurde erschüttert, während 1894 in Norwegen zahlreichere Erdstöße als sonst (17) beobachtet wurden; am 22. März fanden in

Japan, am 28. April in Venezuela Erdbeben statt, am 20. April wurde Lokris heimgesucht und am 10. Juli Konstantinopel. Die Erdbeben erstreckten sich vielfach auf das südliche Italien. Man kann die verschiedenen hervorragenden Erdbeben des Orients 1893 und 1894 als Glieder einer Erdbebenperiode auffassen; wichtig sind diese Orientbeben geworden dadurch, daß sie verschiedene eingehende Untersuchungen über die Fortpflanzungsgeschwindigkeit veranlaßten, deren Erörterung hier indes zu weit führen würde. Das Erdbeben von Japan am 22. März gab ebenfalls Anlaß zu Untersuchungen über Fortpflanzung der Wellen. Ob nicht dieselben durch die Erde hindurch sich fortpflanzen können, einzelne schneller als andere gehen, und andere Fragen, die zu untersuchen früher nicht möglich war, sind hierbei in Angriff genommen. Hervorzuheben ist auch das tektonische Erdbeben von Argentinien am 27. Oktober 1894, bei dem auch die unterirdischen Gewässer vielleicht eine Rolle mitgespielt haben.

1895 in den Ostertagen (14. bis 19. April) fand das denkwürdige Erdbeben von Laibach statt, rein tektonischer Natur; das Erdbeben wurde nach allen Seiten hin genau studiert, wie das jetzt bei jedem Erdbeben der Fall ist. Nachstöße fanden ebenfalls statt. Ebenso war auch das Erdbeben von Graslitz (23. Oktober bis 7. November) in Nordwestböhmen tektonisch und das mittelschlesische (schlesisch-sudetische) Erdbeben (11. Juni) zeigte, wie schwer es ist, selbst in einem kultivierten Lande genaue Feststellungen bezüglich aller Wahrnehmungen zu machen. Es wurden zwei Epicentren resp. eins mit von unten nach oben gehender Bewegung angenommen. Diese Dislokationsbeben waren vielleicht sogenannte Schaukelbeben.

1896 wurden an vielen Stellen Deutschlands und Mitteleuropas Erderschütterungen beobachtet und manche wichtige statistische Zusammenstellungen gemacht [1]). Schwarzwald und Oberrheinthal wurden erschüttert, ebenso wurden in Schweden Bodenerschütterungen bemerkt (10. September). In Island fanden starke Erschütterungen im August, September statt. Das verwüstende Seebeben von Kamaïshi (15. Juni) in Japan ist ein typisches Beispiel der Seebeben.

Aus dem Jahre 1897 mag, neben verschiedenen Erschütterungen im April in Italien, das verheerende Erdbeben von Kalkutta (12. Juni) hervorgehoben werden, bei dem namentlich die Tscherrapunji-Berge, bekannt durch die ungeheuren Niederschlagsmengen, und Assam verwüstet wurden, die großen Monolithen in den Khasibergen wurden umgestürzt, der Brahmaputra stieg bedeutend an, doch war der Verlust an Menschenleben gering.

Im Anschluß an das sächsisch-böhmische Erdbeben vom 24. Oktober bis 29. November 1897 sind die sächsischen Erdbeben, besonders (von Credner) von 1878 an, untersucht und haben folgendes Resultat aufstellen lassen. Es ergiebt sich, daß die Ausgangspunkte der sächsischen und speziell vogtländischen Erdbeben der Jahre 1878 bis 1897 an Gebiete größerer tektonischer Störungen gebunden sind und daß sie deshalb den tektonischen Beben zuzuzählen sind, — daß aber diese Dislokationen jene Gebiete nur zur Erdbebenentstehung disponiert haben, während die Erregung der seismischen

[1]) So wurden 1880 bis 1896 in der Schweiz 699 Erdstöße, die sich auf 118 Erdbeben verteilen, beobachtet. 1896 22 Erschütterungen auf 16 Tage. Für Japan ergaben sich 8331 Erdbeben für die Zeit von 1885 bis 1892.

Thätigkeit selbst in anderen Agentien als dem gebirgsbildenden Druck zu suchen sein dürfte. Bei diesen Erdbeben scheint sich eine Periodicität geltend zu machen. Diese Schlußfolgerungen erheben aber den Anspruch auf Verallgemeinerung nicht. Zu derselben Gruppe tektonischer Erdbeben, der das erzgebirgisch-vogtländische Erdbeben angehört, scheint auch das Erdbeben von Graslitz vom 23. Oktober bis 7. November 1897 (Böhmen) zu rechnen zu sein. Die größte Intensität war V (Rossi-Forel), mit der Intensität wuchs auch jedesmal das Wahrnehmungsgebiet. Innerhalb der ganzen Periode ließen sich noch zwei besondere Perioden unterscheiden, deren letzte am 6. November begann.

Daneben laufen die Beobachtungen an den vielen jetzt aufgestellten Seismographen einher.

1898 war das Erdbeben von Sinj (Dalmatien) von Wichtigkeit, 2. Juli: Die Ebene von Sinj (beim Cetinathale, Trilj) enthält eine Reihe von Ortschaften; aus den Wirkungen auf Gebäude wird man die Lage der Isoseismen bestimmen können. Die auf lockerem Boden errichteten Bauten hatten mehr gelitten, als die auf festem Fels stehenden. Die Wirkungen auf den Boden bestanden in Lageveränderungen von Gesteinsstücken (Emporschleudern, Absturz), Spaltenbildung und lokaler Senkung. Auch zeigten Quellen und Brunnen Trübungen und Änderungen in der Wassermenge. Die Ursachen sind in Bewegungen der Gebirgsmassen zu suchen. Die Erschütterungen verliefen wellenförmig. Erwähnenswert sind ferner die Erdbeben in Südchile (Juli), Californien (30. März). Das letztere gab zu Zusammenstellungen californischer Erdbeben Veranlassung, bei dem ersteren sollen merkwürdige Erscheinungen stattgefunden haben (23. Juli), feurige Kugeln, die in der Luft platzten, und starke tiefrote Färbung des Himmels.

1899 haben größere Erdbeben nicht stattgefunden, zu erwähnen sind: 15. September Erdbeben in Kapstadt; dies wurde auch beobachtet an den Instrumenten in Potsdam in der Entfernung von 10 000 km. Die zu 9, 8,7, 7 km pro Sekunde gefundene verschiedene Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen läßt sich aus der Konstitution des Erdkörpers und der verschiedenen Art der Wellen erklären. 30. September heftiges Erdbeben im Vilajet Aïdin (Smyrna, Kleinasien), (790 Menschen vernichtet, ca. 13 000 Häuser zerstört), namentlich verheerend im Mäanderthal. 29. Dezember Mainz und Umgegend (Großgerau) erschüttert.

1900 ist im Januar eingeleitet durch heftige Erdbeben in Transkaukasien, Kreis Achalkak im Gouvernement Tiflis. Diese Erschütterungen haben sich im Laufe des Jahres fortgesetzt. Das Erdbeben von Caracas, 29. Oktober 1900, wurde auch am geodynamischen Observatorium zu Göttingen an den empfindlichen Apparaten bemerkt.

Statistische Gruppierung der Erdbeben nach einzelnen Gegenden.

Als Beispiele dafür mögen folgende gegeben werden:

Verzeichnis der Erdbeben in Bayern.

Es werden darin Nachrichten mitgeteilt aus den Jahren 1117 (Bamberg), 1348, 1690 (Villacher Erdbeben, bis Nürnberg zu verspüren), 1822,

1865, 1868, 1870, 1886, 1888, 1889, 1890, 1891, 1893, 1894, 1895, 1896. Im Anfang des Jahres 1897 wurden Erdbeben bemerkt im Bayerischen Walde und zu Ende Erschütterungen im Gebiete des Fichtelgebirges. Das erzgebirgisch-vogtländisch-fichtelgebirgische Erdbeben in den Monaten Oktober, November des Jahres 1897 zeigt, daß bei solcher Gruppierung häufig dieselben Erdbeben wiederholt aufgezählt werden müssen.

Aufzählung der Erdbeben in Konstantinopel.

93, 170, 350, 358, 395, 412, 437, 446, 478, 525, 548, 554, 558, 580, 741, 870, 986, 990, 1033, 1063, 1343, 1509, 1542, 1767, 1802, 1845, 1851, 1855, 1862, 1863, 1867, 1869, 1874, 1875, 1877, 1878, 10. Juli 1894.

Zum Erdbeben der Insel Ischia.
(28. Juli 1883.)

Vulkanischer Charakter der Insel: der nicht mehr thätige Epomeo (unter dem der Sage nach Typhoeus begraben sein sollte), im Altertum thätig, zuletzt 1302; Höhe 840 m. Heiße Quellen mit Kochsalz und Natriumcarbonat und Kohlensäure, Temperatur 50°, sie führen innerhalb Jahresfrist ca. 15000 Ctr. Substanz fort. Fumarolen, Wasserdampfausströmungen, Temperatur 70 bis 100°, an einer Stelle mit schwefliger Säure gemengt.

Am stärksten wurde Casamicciola (4200 Einwohner) getroffen. Die Zahl der Verunglückten wurde zuerst auf 4000 geschätzt; die richtige Zahl ist 200.

Keinerlei Vorzeichen, nur ganz schwache Stöße kurz vor der Katastrophe, Tiefe der Ursache auf 11, 27, 38 km angegeben. Ursache: Einstürze, hochgespannter Wasserdampf.

Frühere Erschütterungen: 474, 380, 92, 89 vor Christo; nach Christo: 78, 81, 138 bis 161, 284 bis 305 (unter Diokletian), 1537, 1538 (Entstehen des Monte Nuovo bei Puzzuoli), 1808, 1827, 1828 (stark), 1852, 1867, 1881 (stark), Frühjahr 1883, 28. Juli 1883. Gleichzeitig Erschütterungen am Rhein. In Italien ist das Erdbeben nur in geringer Entfernung gespürt. Der Vesuv blieb ruhig, wie auch 1881. Nachstöße am 2. August.

In den Berichten der geodynamischen Observatorien finden sich die Wahrnehmungen ebenfalls lokal, wie es in der Natur der Sache liegt, gruppiert, z. B.:

Am geodynamischen Observatorium von Pavia wurden 1897 folgende seismische Störungen festgestellt: 1897 4. und 10. Jan., 7., 13., 19. bis 20. Febr., 2. März, 1. Mai, 3., 12., 24. Juni, 21. und 22. Juli, 5. und 16. Aug., 17. (2), 20., 21. Sept., 2., 19., 20., 23. Okt., 29. Dez.

Solchen kurzen aphoristischen Notizen müßten sich nun Einzelschilderungen besonderer Erdbeben anschließen. Die Neuzeit bietet Stoff genug; das Erdbeben von Ischia als ein rein lokales wäre vielleicht als Typus eines Einsturzerdbebens aufzufassen, das gewaltige Erdbeben des Krakatoa, mit dem Ausbruch des Vulkans verbunden, als ein vulkanisches, und ferner würde die Schilderung der sächsischen Erdbeben von 1889 bis 1897 als Typen eines deutschen Dislokationserdbebens viele interessante Einzelheiten bieten. Ebenso

sind zur speziellen Beschreibung geeignet ein orientalisches Erdbeben, z. B. das von Konstantinopel 10. Juli 1894, das Dislokationserdbeben von Granada oder Ligurien, das merkwürdige Erdbeben von Kalkutta und die Katastrophe von Laibach, und von früheren Erdbeben hat wohl jedermann die Beschreibung des Erdbebens von Lissabon und von Caracas gelesen. Die Einfügung solcher Schilderungen würde aber ein so großes Eingehen auf einzelne Nachrichten erfordern, daß förmliche Monographien gegeben werden müßten, zumal da eine typische Schilderung der Erdbeben sich nicht in der Weise geben läßt, wie bei dem Ausbruche eines Vulkans; die Erscheinungen sind nach den einzelnen Örtlichkeiten und im Verlauf, in der Intensität und in ihren Ursachen zu verschieden. Die schwachen Erdbeben in Mitteldeutschland haben die Aufmerksamkeit der Menschen nur wenig erregt, während Katastrophen wie die von Lissabon, Caracas, Ischia lange Jahre ein Gegenstand des Interesses der ganzen gebildeten Menschheit waren. Andererseits sind die schwachen Bodenbewegungen des lokalen Erdbebens von Großgerau, an die die Bevölkerung sich gewöhnt hatte, wie die Einwohner Mittelamerikas an die so häufigen leichten Erdbeben, ebenso wie die unterirdischen Getöse (bramidos), die an manchen Stellen der Erde monatelang vernommen werden, ohne zu Erdbeben zu führen (Meleda vergl. oben S. 359) und die Seebeben wie das von Kamashi, zu verschiedenartig von der Bodenaufwühlung und Umwälzung bei den Erdbeben von Calabrien und Chile, als daß man eine der Phantasie entnommene allgemeine Schilderung als gemeinschaftliches Bild benutzen könnte. Schilderungen von Einzelbeben finden wir in Humboldts Darstellungen im Kosmos, in den ausführlichen Mittheilungen, die über jede größere Bodenerschütterung gegeben werden, und in den großen Tagesblättern, so daß daß es hier genügt, die Schilderung der Empfindung zu geben, welche die Menschen bei heftigerem Stoße zu haben pflegen und die so klassisch durch Humboldt[1]) wiedergegeben ist:

„Ehe wir diese große Erscheinung verlassen, die hier nicht sowohl in ihren Einzelheiten, als in ihren allgemeinen physikalischen und geognostischen Verhältnissen betrachtet worden ist, müssen wir noch die Ursache des unaussprechlich tiefen und ganz eigentümlichen Eindrucks berühren, welche das erste Erdbeben, das wir empfinden, sei es auch von keinem unterirdischen Getöse begleitet, in uns zurückläßt. Ein solcher Eindruck, glaube ich, ist nicht Folge der Erinnerung an die Schreckensbilder der Zerstörung, welche unserer Einbildungskraft aus Erzählungen historischer Vergangenheit vorschweben. Was uns so wundersam ergreift, ist die Enttäuschung von dem angeborenen Glauben an die Ruhe und Unbeweglichkeit des Starren, der festen Erdschichten. Von früher Kindheit sind wir an den Kontrast zwischen dem beweglichen Element des Wassers und der Unbeweglichkeit des Bodens gewöhnt, auf dem wir stehen. Alle Zeugnisse unserer Sinne haben diesen Glauben befestigt. Wenn nun urplötzlich der Boden erbebt, so tritt geheimnisvoll eine unbekannte Naturmacht, als das Starre bewegend, als etwas Handelndes auf. Ein Augenblick vernichtet die Illusion des ganzen früheren Lebens. Enttäuscht sind wir über die Ruhe der Natur; wir fühlen uns in den Bereich zerstörender, unbekannter Kräfte versetzt. Jeder Schall, die leiseste Regung der Lüfte spannt unsere Aufmerksamkeit. Man traut gleichsam dem Boden nicht mehr, auf den man tritt. Das Ungewöhnliche der Erscheinung bringt dieselbe ängstliche Unruhe bei Tieren hervor. Schweine und Hunde sind besonders davon ergriffen. Die Krokodile im

[1]) Kosmos, Bd. I, S. 223 ff.

Orinoco, sonst so stumm wie unsere kleinen Eidechsen, verlassen den erschütterten Boden des Flusses und laufen brüllend dem Walde zu."

„Dem Menschen stellt sich das Erdbeben als etwas Allgegenwärtiges, Unbegrenztes dar. Von einem thätigen Ausbruchkrater, von einem auf unsere Wohnung gerichteten Lavastrom kann man sich entfernen; bei dem Erdbeben glaubt man sich überall, wohin auch die Flucht gerichtet sei, über dem Herd des Verderbens. Ein solcher Zustand des Gemüts, aus unserer innigsten Natur hervorgerufen, ist aber nicht von langer Dauer."

„Folgt in einem Lande eine Reihe von schwachen Erdstößen aufeinander, so schwindet bei den Bewohnern fast jegliche Spur von Furcht. An den regenlosen Küsten von Peru kennt man weder Hagel noch den rollenden Donner und die leuchtenden Explosionen im Luftkreise. Den Wolkendonner ersetzt dort das unterirdische Getöse, welches die Erdstöße begleitet. Vieljährige Gewohnheit und die sehr verbreitete Meinung, es seien gefahrbringende Erschütterungen nur zwei- oder dreimal in einem Jahrhundert zu befürchten, machen, daß in Lima schwache Oscillationen des Bodens kaum mehr Aufmerksamkeit erregen, als ein Hagelwetter in der gemäßigten Zone."

2. Die Erdbebenmessung (Seismometrie) und die Erdbebeninstrumente (Seismoskop, Seismometer, Seismograph).

Im Anschluß an die kurze Skizze über Erdbeben und ihre Wirkungen, bei denen die großen Fortschritte der letzten Jahrzehnte auf diesem Gebiete nur kurz angedeutet werden konnten, mag in den beiden Anhängen Seismometer (Erdbebenmesser) (2) und Theorien über die Erderschütterungen (4) einiges ergänzt oder weiter ausgeführt werden. Die beiden Abschnitte sind deshalb ausgewählt, weil im ersten die neueren Methoden, im letzteren manche Bemerkungen über besondere Punkte Platz finden können.

Das Charakteristische für die Entwickelung der Seismologie ist, daß die statistische Methode der Forschung zurückgetreten ist und man versucht hat, durch streng wissenschaftliche Beobachtung, zum Teil unter Zuhülfenahme des mathematischen Kalküls und des Experiments, indem man durch starke Explosionen oder durch herabfallende Gewichte künstliche Erderschütterungen hervorbrachte und ihre Ausbreitung untersuchte, die so schwierigen und komplizierten Verhältnisse zu ergründen. Den Unterschied zwischen vulkanischen und nicht-vulkanischen Erdbeben wird man festhalten müssen, unter ersteren aber nicht etwa die in vulkanischen Gegenden stattfindenden Erderschütterungen, wie es früher vielfach geschah, verstehen, sondern nur die, welche unmittelbar vulkanischen Ausbrüchen vorhergehen, sie begleiten oder kurz nachher gewissermaßen als letzte Konvulsionen der vulkanischen Thätigkeit stattfinden.

α) Die Instrumente.

Schon die Chinesen sollen Erdbebenmesser gehabt haben. Der südliche Teil von China, namentlich die Provinzen Yünnan und Kwangtsi, sind oft heftigen Erdbeben ausgesetzt und wurden wiederholt verwüstet. So lag es nahe, daß Versuche, diese Erscheinungen zu messen, gemacht wurden. Der chinesische Seismograph soll schon 132 v. Chr. erfunden sein (von Choko). Er besteht aus einem kupfernen Kessel mit acht Drachenköpfen, die in dem Rachen eine Kugel tragen; tritt eine Erschütterung ein, so fällt die eine oder andere Kugel

heraus, in das Maul eines darunter angebrachten Frosches. Hierdurch entsteht ein Ton, der also das Vorhandensein einer Erschütterung anzeigt.

Ganz ähnlich war der spätere Erdbebenmesser von Cacciatore eingerichtet. Er besteht aus einem kreisförmigen, flachen Gefäße (*a*), das sich auf eine Kugelzone (*b*) aufgesetzt findet. Die Kugelzone ist mit 8 Rillen versehen, die zu dem oben aufgesetzten Gefäß oberhalb des Beckens führen. Das Ganze ruht auf acht Näpfen, die in einem horizontalen Gestell angebracht sind. Der obere Teller wird bis dicht unter die Öffnungen mit Quecksilber gefüllt; findet nun eine Hebung, die z. B. von Westen kommt, statt, so erfolgt eine Hebung, das Quecksilber fließt an der entgegengesetzten Seite aus und Richtung und Stärke des Erdbebens (nach Menge des ausgeflossenen Quecksilbers) können geschätzt werden. Dies Instrument war schon 1818 im Gebrauch und ist seitdem vielfach benutzt worden; es war lange Zeit auch an dem Vesuvobservatorium in Benutzung und wurde neben anderen Instrumenten noch bis 1870 angewendet. Die Konstruktion hat manche Abänderung erfahren, ist aber im Princip dieselbe geblieben, daß Flüssigkeiten oder labil aufgestellte feste Körper (z. B. auch kleine Kegel) die Erschütterungen des Bodens anzeigen; eine auf einer konvexen Fläche befindliche Kugel wäre ein Erschütterungsmesser. Hierher gehören auch die Röhren-Erdbebenmesser. Bei ihnen findet sich Quecksilber in einer U förmig gebogenen Röhre, die horizontal aufgestellt ist, auf dem Quecksilber schwimmen Eisenstückchen; an denselben war eine Zeigervorrichtung angebracht, die bei Erschütterung der Röhre eine Markierung gab. — Für die vulkanischen Gegenden haben die Erdbebenmesser auch den Zweck, die erhöhte Thätigkeit des Vulkans vorher anzuzeigen, denn in der Regel gehen den Ausbrüchen der Vulkane mehr und minder starke Erschütterungen des Berges voraus.

Eine andere Gruppe von Erdbebenmessern ist aus dem einfachen Vertikalpendel hervorgegangen; man denke sich eine schwere Kugel, an der unteren Seite mit einer Spitze versehen, an einem langen Pendelfaden aufgehängt, unter der Pendelspitze ein Gefäß mit gleichmäßig ausgebreitetem Sand und man hat die einfachste Form des Pendelseismometers. Bei Erschütterungen des Erdbodens, die sich auf das Pendel fortpflanzen, wie man leicht durch ein Experiment in jedem Zimmer es nachweisen kann, wird das Pendel aus der Gleichgewichtslage gebracht und zieht kleine Furchen im Sande. Dies einfache Princip ist bei den empfindlichsten Apparaten, die zur Gruppe der Pendelseismometer gehören, angewendet, deren Konstruktion im übrigen oft eine außerordentlich komplizierte ist.

In der Regel ist der Faden 1 bis 1,5 m lang und die Pendelkugel ein mehrere Kilogramm schweres Bleilot.

Die erste Gruppe der Apparate zeigt die vertikalen Stöße gar nicht an, bei der zweiten Gruppe wird zwar die Richtung der Welle angegeben, aber ob die Verschiebungen zuerst seitlich oder vertikal waren, tritt nicht deutlich hervor. Man hat drittens sogenannte Horizontalpendel zur Verwendung gebracht. Ein solches besteht aus einem Stabe, der horizontal an einem Ende ein-

geklemmt ist, während am anderen Ende eine Übertragungsvorrichtung angebracht ist, sei sie mechanisch oder sei sie, was bei vielen Instrumenten der Fall ist, elektrischer Natur.

Man ist dann übergegangen zu Erdbebenmessern, welche nur die vertikale oder nur die horizontale Bewegung anzeigen; in neuester Zeit aber ist es gelungen, Instrumente herzustellen, die man als Panseismometer, die alles angeben, bezeichnen kann. Dabei sind jetzt die Instrumente, welche die Erdbebenstationen benutzen, so umgeändert, daß sie gestatten, die Stöße eines Erdbebens fortlaufend zu registrieren, wie wir auch in der Meteorologie Apparate gebrauchen, die Luftdruck, Temperatur und andere meteorologische Elemente graphisch fortlaufend aufzeichnen, wie es für die Erdbeben die Seismographen thun. Man würde dann das Wort Seismometer als allgemeine Bezeichnung, Seismographen für die Registrierapparate, Seismoskope für die Anzeiger, die Apparate, welche nur das Vorhandensein einer Erschütterung nachweisen, gebrauchen. Die Ausdrücke Mikroseismometer u. s. w. sind dann leicht verständlich, sie dienen dazu, die kleinsten Erschütterungen der Erdrinde (tremors, mikroseismische Bewegungen) aufzuzeichnen, einige derselben haben denn auch den Namen Tromometer erhalten (τρόμος, tromos, das Zittern, Beben). Erwähnt mag noch werden, daß man vielfach auch elastische Federn, die sich bei Erschütterungen bekanntlich außerodentlich leicht bewegen, bei den seismischen Instrumenten verwendet hat.

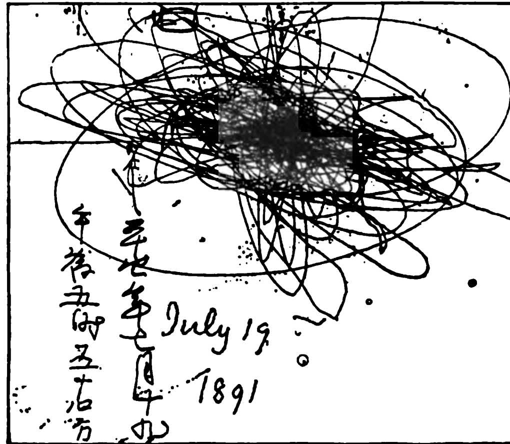
Bei allen diesen Apparaten aber muß noch ein Hülfsapparat hinzukommen, wenn sie praktisch verwendet werden sollen, ein Zeitindikator, eine Uhr. Es ist außerordentlich wichtig, möglichst genau die Zeit zu bestimmen, wann der Stoß stattgefunden hat, denn nur dadurch läßt sich die Geschwindigkeit der Fortpflanzung finden; da dieselbe sehr groß ist, müssen auch die Zeitangaben möglichst genau sein, auf Sekunden, und dies ist nur möglich, wenn der Erdbebenmesser durch Auslösung einer Uhr oder Ingangsetzen einer solchen selbst die Zeit angiebt. Die Beobachtungszeit in gewöhnlicher Weise nach Beobachtung einer Uhr genau festzusetzen, ist außerordentlich schwer, wie es sich gezeigt hat, wenn ohne Registrierinstrumente die Zeiten, in denen die Erschütterungswelle einzelne Orte erreicht hat, aus den so gemachten Angaben bestimmt werden sollten. — Seismochronographen sind also Instrumente, die die Zeit der Erschütterung und diese selbst aufzuzeichnen haben; die Konstruktion der Kurven, welche die Orte, an denen die Erdbeben gleichzeitig wahrgenommen wurden, verbinden, der Isoseisten, Homoseisten, ergiebt die Ausbreitung der Bewegung, die festzustellen so außerordentlich wichtig ist.

Hinzugefügt mag noch werden, daß anstatt der gewöhnlichen graphischen Registrierung auch photographische Registrierung angewandt wird. So giebt es über 50 verschiedene Konstruktionen von Erdbebenmessern, die überdies einer besonderen Aufstellung bedürfen; sie müssen vor den künstlichen Erschütterungen und gegen Luftzug geschützt sein, denn sie sind so empfindlich, daß sie auf die geringste Erschütterung reagieren; die ganze Gruppe von Erschütterungen, die man als Pulsationen des Erdbodens bezeichnet hat, erklärt sich vielleicht auch aus Wahrnehmungen, die nach obiger Richtung hin nicht jeden Einwand ausschließen. Da die Instrumente nicht alle ganz gleich ge-

baut sind, sind die Aufzeichnungen verschiedener Instrumente bei demselben Erdbeben schon aus diesem Grunde nicht direkt vergleichbar; auch ist wohl denkbar, daß zwei ganz gleich eingerichtete Erdbebenmesser doch bei dem selben Beben verschiedene Aufzeichnungen machen, weil z. B. die verschiedene Bodenbeschaffenheit in einzelnen Gegenden die Wellenbewegung beeinflussen kann.

Hieraus erklärt sich schon, wie schwierig die Konstruktion der Erdbebenmesser ist und wie umständlich es sein wird, einen solchen zu beschreiben, selbst wenn eine Zeichnung zu Grunde liegt. Dazu kommt, daß mit der Beschreibung des einen Messers nicht die Beschreibung der ganzen Gruppe gegeben ist. Wie sehr die Sache noch fortwährend in Angriff genommen wird, zeigen die Namen der Forscher, deren Seismographen gebraucht werden (Mallet, Lasaulx, Brassart, Milne, Gray, Gray-Milne, Rabeur-Paschwitz, Vicentini, Pacher u. s. w.).

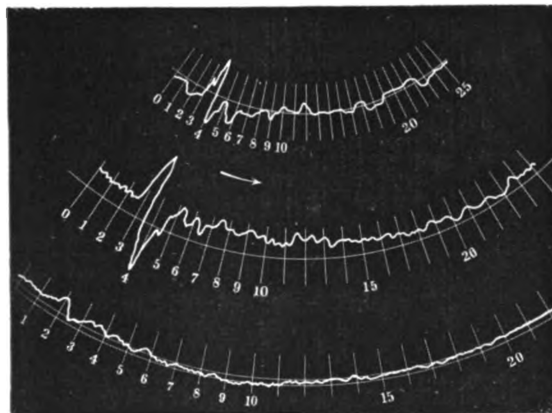
Fig. 226.



Da es nur wenige Erdbebenstationen mit Erdbebenmessern giebt, muß man auch die gesamte Erscheinung und alle Nachrichten darüber zur Bestimmung der einzelnen in Betracht kommenden Faktoren heranziehen.

Um eine Vorstellung über die Aufzeichnungen (Diagramme) der Erdbebenmesser zu geben, mögen die nachfolgenden Figuren dienen.

Fig. 227.



Die Fig. 226 zeigt ein Diagramm des Erdbebens vom 19. Juli 1891 in Japan von Milne. Die komplizierte und häufige Richtungsänderung der erschütterten Bodenteile tritt besonders hervor. Die Notiz in japanischer Schrift links unten ist, um das Original ganz wiederzugeben, auch im Abdruck hinzugefügt. Das Diagramm ist typisch für die meisten Erdbeben. Bei näherer Betrachtung

des Diagramms tritt deutlich der Zusammenhang der einzelnen Schleifen hervor, aus deren Richtung und Gestalt Einzelheiten der Bewegung entziffert werden können.

In der Fig. 227 erblicken wir Registrierungen im naturwissenschaftlichen Institut der Universität in Japan. Sie beziehen sich auf das Erdbeben vom 20. Juni 1894. Die einzelnen Komponenten sind getrennt dargestellt: die obere Zeichnung ist die SE-NW-Komponente, die mittlere die NE-SW-Komponente, welche namentlich die Vorerschütterungen, dann den heftigen Stoß und die Nacherschütterungen deutlich hervortreten läßt. Die untere Figur bezieht sich auf die vertikale Bewegung, auch hier ist der eigentliche Stoß deutlich bemerkbar, die Vor- und Nachbewegungen sind bedeutend weniger markiert. Die Vertikalbewegung ist meist sehr gering. Die Zwischenräume sind Zeitsekunden. Als Seismograph diente ein solcher nach Ewing.

I. Skala von Forel.

I. Mikroseismische Erschütterung.	Secousse d'ordre microséismométrique.
II. Sehr schwache Erschütterung (nur mit seismischen Instrumenten wahrnehmbar).	Secousse extrêmement faible.
III. Sehr schwacher Stoß (nur unter günstigen Umständen durch das Gefühl wahrnehmbar).	Secousse très faible.
IV. Schwacher Stoß. Beim Wachen leicht bemerkbar, imstande, Schlafende zu wecken; Bewegung aufgehängter oder flüssiger Körper.	Secousse faible.
V. Stoß von mittlerer Intensität (Verrückung von Mobilien).	Secousse d'intensité moyenne.
VI. Starker Stoß (Umstürzen von Mobilien, Risse in Decken und Wänden).	Secousse forte.
VII. Recht starker Stoß (Einstürzen von Schornsteinen, Beschädigung von Gebäuden).	Secousse assez forte.
VIII. Sehr starker Stoß (Einsturz von Schuppen und leichtem Bauwerk).	Secousse très forte.
IX. Außerordentlich starker Stoß (Einsturz von Häusern).	Secousse extrêmement forte.
X. Stoß größter Stärke (Verwerfung der Schichten, Spaltenbildung, Bergstürze u. s. w.).	Secousse d'intensité extrême.

Zur Beurtheilung der Bodenbewegung haben dann noch gedient die Niveaus (Libellen, Wasserwagen), die magnetischen Instrumente und die natürlichen Indikatoren (Umstürzen von Grabsteinen, Denkmälern, Verschiebung von Ackerstreifen, Zerstörungen und Verrückungen von Gebäuden und Geräten, Entstehung und Richtung von Spalten). Hierzu gehört auch die Gefühlswahrnehmung durch den Menschen und man hat nach diesen natürlichen Merkmalen dann Intensitätstafeln aufgestellt, so daß man nur die Stärke des Erdbebens mit I, II u. s. w. zu bezeichnen braucht, um eine Vorstellung von dessen Intensität zu erhalten. Die gebräuchlichsten Skalen sind die von Forel, von Forel-Rossi und von Rockwood, von denen die beiden ersten Forel und Rossi-Forel zehn, die letzte (von Rockwood) nur sechs Nummern haben. Sie mögen, da sie häufig gebraucht werden, vergleichend zusammengestellt folgen.

II. Skala von Rossi-Forel	III. Skala von Rockwood
I. Mikroseismische Erschütterungen (Erschütterungen, die nur an einem Seismographen eines Systems wahrgenommen werden und geübte Beobachter voraussetzen.	I. Sehr leicht; nur von wenigen Personen bemerkt.
II. Erschütterungen, welche durch verschiedene Seismographen angegeben werden.	II. Leicht; durch eine große Zahl von Personen bemerkt, Rasseln der Fenster und Geschirre.
III. Erschütterungen, die stark genug sind, daß ihre Dauer und Richtung geschätzt werden kann (II. und III. werden von Personen, die sich in Ruhe befinden, wahrgenommen).	III. Mittelerdbeben; hängende Gegenstände werden in Bewegung gesetzt (Kronleuchter), leichte Gegenstände umgeworfen.
IV. Erschütterungen, wahrgenommen von in Thätigkeit befindlichen Personen, Erschütterung beweglicher Gegenstände, Thüren, Fenster.	IV. Stark; schwache Beschädigungen der Häuser treten ein.
V. Erschütterungen, die von der ganzen Bevölkerung bemerkt werden, Erschütterung der beweglichen Gegenstände, Läuten einzelner Glocken.	V. Sehr stark; Einstürzen von Schornsteinen und Mauern.
VI. Erschütterungen, die den Schlaf unterbrechen, Läuten der Glocken, Schwanken der Kronleuchter, Stehenbleiben der Uhren.	VI. Verheerend; allgemeine Verwüstung.
VII. Umstürzung beweglicher Gegenstände, Herabfallen von Stuck, Läuten der Kirchenglocken, allgemeiner Schreck, Gebäude noch nicht beschädigt.	
VIII. Herabfallen von Schornsteinen, Sprünge an Gebäuden.	
IX. Teilweise Zerstörung der Gebäude.	
X. Verheerende Erdbeben, Verschiebung der Schichten, Entstehung von Spalten.	

Die vorstehende dritte Skala, die in Amerika im Gebrauch ist, läßt sich nicht direkt in die anderen überführen, während die beiden ersten, wie auch nebenstehend angedeutet, sich folgendermaßen aufeinander beziehen:

Forel 1881	Rossi-Forel 1883
I. u. II.	I.
III.	II. u. III.
IV.	IV.
V.	V. u. VI.
VI.	VII.
VII.	VIII.
VIII. u. IX.	IX.
X.	X.

Erwähnt mag noch werden, daß man die Erdbeben in Beziehung auf Ausdehnung nach dem größten Durchmesser des Erschütterungsgebietes in fünf Gruppen geteilt hat:

A.	seismisches	Gebiet	mit	weniger als 5	km	Durchmesser
B.	"	"	"	5 bis 50	"	"
C.	"	"	"	50 bis 150	"	"
D.	"	"	"	150 bis 500	"	"
E.	"	"	"	mehr als 500	"	"

Hiernach erklären sich Bezeichnungen wie VII. B. u. s. w.

Die Einteilung von Leonhard und Volz im Anschluß an das mittelschlesische Erdbeben vom 11. Juni 1895 ist wenig bekannt geworden.

β) Messung der Stärke der Bewegung.

Es ist selbstverständlich, daß die nach einer der genannten Skalen gemachten Bestimmungen auf einen wissenschaftlichen Wert keinen absoluten Anspruch machen können. Das Gefühl wird oft täuschen, die Aufregung und Furcht die Beobachtung beeinträchtigen, so daß ein und dasselbe Erdbeben an nahe benachbarten Orten einer verschiedenen Stufe zugeschrieben werden kann, wobei immer noch die Möglichkeit bleibt, daß in der That Verschiedenheiten in der Stärke stattgefunden haben. Soweit verheerende Wirkungen eingetreten sind, werden diese einen Maßstab geben, der ganz fehlt für die kaum wahrnehmbaren Erschütterungen. Die Intensität läßt sich auch nur mit besonderen Instrumenten bestimmen. Die Größe der Amplitude, das ist der größten Abweichung der Erdteilchen von ihrer früheren Ruhelage, würde ein Maß sein und hiernach wird sich später, wenn vergleichbare Instrumente vorhanden sind, eine Intensitätsskala von allgemeiner Geltung aufstellen lassen.

γ) Fortpflanzung. Gebiet. Seismicität. Elasticität. Mathematische Theorie.

Auch für die Häufigkeit der Erdbeben in gewissen Gebieten (Erdbebengebiete) hat man besondere Bezeichnungen eingeführt und versucht, die ganze Erde in bestimmte Gebiete zu teilen, wobei freilich hervorzuheben ist, daß für weite Teile der Erde, ja für den größten Teil gar keine oder nur sehr wenige Beobachtungen vorhanden sind.

Das Verhältnis der Häufigkeit der Stöße zu dem Oberflächengebiet in qkm, die Seismicität ergiebt eine außerordentlich große Zahl der Erdbeben, 437 768 jährlich (50 in der Stunde für die ganze Erde) und zwar ist die Seismicität einer Gegend um so größer, ein je kleineres Gebiet von je einer Erschütterung im Laufe des Jahres heimgesucht wird. (Seismicität von Bex in der Schweiz ein Stoß auf 231 qkm, von Bern und Neufchâtel 1206 qkm, also $S = \frac{1}{231}, \frac{1}{1206}$.)

Die Untersuchungen über Häufigkeit der Erdbeben in Abhängigkeit von der Bodenoberfläche im Relief haben auf Grund von 98 000 bis 99 000 Beobachtungen mit 6790 Erschütterungsgebieten in 353 verschiedenen Gegenden[1])

[1]) So ist Italien in 47 seismische Regionen geteilt, wobei über 26 000 Erschütterungen und 992 Einzellokalitäten berücksichtigt sind.

mancherlei Schlüsse bezüglich der Stabilität (Standfestigkeit) der Gegend ergeben. Auch zwischen der Beschaffenheit der Erdrinde und der Größe der Seismicität glaubt man Beziehungen gefunden zu haben, wie z. B. die Seismicität besonders hoch ist an den Küsten, wo sich die Meeresküsten schnell vertiefen, und es ist wohl keine Frage, — darauf beruht ja die Erklärung der Dislokations- und tektonischen Erdbeben, — daß Faltung und Schichtenverlauf wie der geologische Aufbau nahe mit der Entstehung der Erdbeben zusammenhängen.

Von großer Wichtigkeit für die Erweiterung der Erdbebenforschung sind die Beobachtungen der magnetischen Ablenkungen geworden.

In den magnetischen Observatorien wurden bei manchen Erdbeben Störungen der Magnetnadel beobachtet. Dieselben konnten einmal verursacht sein durch die rein mechanischen Erschütterungen, dann aber auch durch Änderungen des magnetischen Zustandes der Erde bei den Erdbeben. In manchen Fällen traten keine Störungen irgend welcher Art auf und es ergab sich, daß der Bau und die Feinheit der Instrumente eine wesentliche Rolle dabei spielt, ob überhaupt ein Ausschlag stattfindet. Sehr empfindliche magnetische Instrumente sind auch gegen Erschütterungen sehr empfindlich, und ohne daß man die Behauptung, daß der magnetische Zustand der Erde geändert werden könne, für alle Erdbeben zurückzuweisen braucht, hat man doch den unumstößlichen Beweis, daß sehr schwache Erschütterungen sich an den empfindlichen Instrumenten markieren. Die Observatorien in Potsdam, Wilhelmshafen, Nikolajew, Greenwich u. s. w. geben auch Nachrichten über die Fortpflanzung der Wellen von Erdbeben, deren Sitz oft Tausende von Kilometern weit in fernen Ländern zu finden ist. So bei dem Erdbeben von Vernoj (vergl. Erdbebenverzeichnis, S. 373), so bei den Erdbeben von Konstantinopel, Calcutta u. s. w. Diese Beobachtungen sind auch für die Geschwindigkeitsberechnung außerordentlich wichtig geworden, für die eine Hauptschwierigkeit darin liegt, festzustellen, wann der bestimmte Stoß im Epicentrum bemerkt ist.

Man hatte in Amerika schon früh beobachtet, daß Erdbeben weder mit meteorologischen noch magnetischen Änderungen in regelmäßigem Zusammenhange stehen, wenngleich in einem Falle (4. November 1799) bei einem heftigen Stoß in Cumana eine Änderung der Inklination oder magnetischen Neigung um 48′ beobachtet wurde; bei den ersten erdmagnetischen Messungen und den Beobachtungen am Baikalsee hat man keine Spur dieser Beziehung gefunden, wie auch die in neuerer Zeit beobachteten Störungen der Instrumente alle auf die durch das Erdbeben hervorgebrachten mechanischen Erschütterungen bezogen werden können.

Hiernach sind die Aufgaben, welche die Observatorien für Vorgänge in der Erdrinde (die geodynamischen Observatorien) zu lösen haben, außerordentlich schwierig. Schon beim Bau müssen wie bei den erdmagnetischen Observatorien besondere Rücksichten genommen werden, sie müssen sehr stark und sicher fundiert sein. Die aus der Erdoberfläche stammenden Erzitterungen (durch Fahren der Wagen, Eisenbahnen u. s. w.) dringen erfahrungsgemäß nicht tief in den Erdboden ein und werden dadurch abgehalten, daß die Fundierungsmauer nicht unmittelbar an das Erdreich grenzt, so daß ein Luftgürtel die Mauer umgiebt, und Erzitterungen nur aus größerer Tiefe zu derselben gelangen können.

Auch die Wirkungen der Winde müssen beachtet werden, da heftige Winde die Erdoberfläche in merkbare Schwingungen versetzen, und fast noch mehr Sorgfalt muß auf die Instrumente verwandt werden, die Fehler müssen kontrolliert, die Aufstellung justiert und die Instrumente miteinander verglichen werden. Bei der großen Empfindlichkeit der Apparate sind sie gegen alle fremden Einflüsse zu schützen, so daß man die Sicherheit hat, daß nur seismische Bewegungen durch sie angezeigt werden.

Der Neuzeit, den letzten Jahrzehnten unseres Jahrhunderts, ist es vorbehalten geblieben, diese Instrumente so zu verfeinern und zu vervollkommnen, daß sie fortlaufend jede Erdbewegung registrieren, und zugleich solche Observatorien zu schaffen, deren Hauptzweck die Beobachtung der Bewegungen der festen Erdrinde ist. Außerdem sind nun besondere Komitees eingesetzt, welche die Erdbebenbeobachtungen eines Landes zu überwachen und zu verarbeiten haben, wie in der Schweiz. Die meisten geodynamischen Observatorien (15) besitzt Italien (Padua, Neapel, Rom u. s. w.), in Japan war ein solches lange in Thätigkeit, in Konstantinopel ist ein neues errichtet, und auch Deutschland wird in kurzem in Straßburg i. E. ein Erdbebenobservatorium haben, gehört doch das obere Rheinthal zu den ziemlich häufig erschütterten Gegenden. Erdbebenbeobachtungen werden auch in Göttingen und an anderen Orten angestellt.

Eine zusammenhängende Verarbeitung aller seismischen Beobachtungen ist, wenn sichere Resultate verlangt werden, notwendig, und solche Centralobservatorien werden hier wie auch für die meteorologischen Beobachtungen schließlich zu internationalen Instituten ausgestaltet werden müssen. Die Anlage eines seismischen Observatoriums zu beschreiben, scheint schon deshalb verfrüht, weil auf diesem Gebiete noch fortwährend Erfahrungen gesammelt werden. Eine Hauptbedingung ist, wie schon erwähnt, daß die Instrumente so aufgestellt werden, daß sie immun sind gegen jede in der obersten Schicht der Erde erzeugte Erschütterung, sei es daß dieselben durch unsere Transportmittel, durch Felsstürze, artilleristische Übungen oder atmosphärische Verhältnisse, durch Winddruck und Hagelkatastrophen hervorgebracht werden.

Schon häufig sind solche Erschütterungen als Erdbeben verzeichnet worden, und wissenschaftliche Beobachtungen bei kontrollierten Erschütterungen haben gezeigt, daß sich solche Erschütterungswellen in ähnlicher Weise fortpflanzen wie die Erdbebenwellen. In unseren großen Städten ist der Boden nie in Ruhe; jeder Tritt im Zimmer setzt die Teile des Fußbodens und der Geräte in zitternde (schwingende) Bewegung, wie man mit kleinen Schälchen, die mit Quecksilber (oder Wasser) gefüllt sind, nachweisen kann, auch kleine Pendelchen an dünnen Fäden zeigen in Berührung mit den festen Körpern die zitternde Bewegung der Teile an, nur muß der Luftzug dabei ausgeschlossen sein.

Die Beobachtungen an den Niveaus haben, abgesehen davon, daß an ihnen bisweilen von fern herkommende Erschütterungen beobachtet werden konnten, regelmäßige geringe Bodenbewegungen dargethan (kleine Hebungen und Senkungen), die mit der Erwärmung der Erdoberfläche zusammenhängen und ihren Sitz nicht unter dem Erdboden haben, also auch nicht hypochthon sind. Regelmäßigkeiten sind hier wegen der Unregelmäßigkeit der Erwärmung

(resp. Abkühlung) des Erdbodens nur schwer zu beobachten; im allgemeinen werden die kleinen Hebungen von Ost nach West vorschreiten, der Theorie nach müßte in unseren Gegenden eine tägliche und eine jährliche Periode vorhanden sein.

Genaue Nachmessungen über Niveauverschiebungen auf Grund alter Nivellements werden ebenfalls vorgenommen, so bei Agram, wo die Wirkungen des Erdbebens vom 9. November 1880 festgestellt werden sollten; es ergab sich eine sehr geringe Hebung (11,7 bis 66,4 mm) der Gegend.

Nachdem so die Erdbebenforschung überall, selbst in Ländern, in denen zerstörende Erdbeben nicht auftreten, wie in Großbritannien, Deutschland, Schweden und Norwegen, einen bedeutenden Aufschwung genommen hat, lag es auch nahe, die Beobachtung durch das mathematische Kalkül zu unterstützen. Freilich muß man bei der mathematischen Berechnung der Erdbebenerscheinungen verschiedene Vereinfachungen zu Grunde legen in Beziehung auf Elasticität der Rinde, Abnahme der Bewegung mit der Entfernung vom Centrum derselben (z. B. die Hypothese, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenschwingungen eine abnehmende Funktion des Radius ist). Für solche und ähnliche Voraussetzungen ergeben sich dann manche Schlußfolgerungen, z. B. daß von einer gewissen Grenze ab die Erdbebenstrahlen die Oberfläche nicht mehr erreichen, sondern als geschlossene Ellipsen innerhalb der Erde verbleiben. Sehr unwahrscheinlich ist, daß die Centren in sehr großer Tiefe, mehrere tausend Kilometer, gelegen sind. Der Wahrheit dürfte die Annahme einer hyperboloidischen Ausbreitung der Erdbebenwellen am nächsten kommen.

Die Zukunft wird lehren, wie weit auf diesem schwierigen Gebiete Beobachtung und Rechnung in Einklang kommen und ob die Mathematik der Erdbebenforschung neue Wege weisen kann.

In neuerer Zeit ist man, durch die Beobachtung der Erdbeben veranlaßt, auch darauf eingegangen, jene merkwürdigen Knalle und Geräusche, von denen in fast märchenhafter Weise von verschiedenen Stellen der Erde berichtet wird, zu erforschen. Dieselben haben die verschiedensten Namen erhalten, Seeschießen, Wasserschüsse, Nebelrülpse, Luftpüffe, mistpoeffers; sie bestehen aus einem dumpfen langgedehnten Knall, welcher nicht von Rollen begleitet aus der Ferne herzukommen scheint und teils einzeln und teils reihenweise, und überall, wo er beobachtet wird, in gleicher Stärke auftritt. Auch die Barisal Guns im Bengalischen Meer gehören hierher; sie können wie jene aus geologischen Veränderungen, so aus Verschiebungen in den Sedimentbildungen an der Gangesmündung erklärt werden.

Überall also neue Aufgaben. Man ist im Begriff, die Erdbebenkunde zu einer endogenen Meteorologie umzugestalten, d. h. zu der Wissenschaft von den Veränderungen und Verschiebungen in der festen Erdrinde und hat dann wohl auch die Erdbeben mit den heftigen Stürmen und Orkanen verglichen.

---

3. Statistik und besondere Nebenerscheinungen.

a) Verteilung der Erdbeben, Häufigkeit für Tag und Nacht, für die Jahreszeiten, Mondphasen u. s. w. (vergl. auch S. 360).

Zeit und Anzahl.

Von 57 Erdbeben, die Hoffmann in Palermo beobachtete, fallen 17 auf März. Von den Baseler Erdbeben waren 41 im Winter, 22 im Frühling, 18 im Sommer, 39 im Herbst.

Von 115 Alpenerdbeben: Winter 43, Frühling 17, Sommer 21, Herbst 34. Von 1230 Erdbeben in der Schweiz: 461 Winter, 315 Frühling, 141 Sommer, 313 Herbst.

Von 2979 Erdbeben in Europa nach Perrey[1]) (306 bis 1844): 876 Winter, 646 Frühling, 673 Sommer, 784 Herbst, also Herbst und Winter 1660, Frühling und Sommer 1319.

Für 2677 Erdbeben ergab sich die folgende Verteilung:

Ort	Winter	Frühling	Sommer	Herbst	Herbst und Winter	Frühling und Sommer
Rhonebassin	62	32	35	53	115	67
Rhein- und Maasbassin	160	103	101	165	325	204
Donaubassin	76	60	67	67	143	127
Italien und Savoyen .	307	259	206	268	575	465
Frankreich und Belgien	200	133	137	186	386	270

1800 bis 1845. Nachricht über 559 Erdbeben im Rheingebiet.

Al. Perrey fand nach seinen mühsamen Zusammenstellungen, daß die Erdbeben etwas häufiger bei den Syzygien als bei den Quadraturen waren; diese Wahrnehmung bestätigte sich auch bei einer, wie schon früher, für die Erdbeben von 1842 bis 1872 von demselben gemachten Zusammenstellung der Häufigkeit in Beziehung zu den Mondphasen.

Folgende Tabelle giebt das Material.

Perioden	Zahl der Erdbebentage: Summa	an den Syzygien	an den Quadraturen	Unterschied[2]) (Syzygien mehr)
1843 bis 1847	1 604	850,48	753,52	96,96
1848 „ 1852	2 049	1053,53	995,47	58,06
1853 „ 1857	3 018	1534,13	1483,87	50,26
1858 „ 1862	3 140	1602,99	1537,01	65,98
1863 „ 1867	2 845	1463,42	1381,58	81,84
1868 „ 1872	4 593	2333,48	2259,52	73,96
1843 „ 1872	17 249	8838,03	8410,97	427,06
1801 „ 1845	3 041	1604,67	1436,33	168,34
1801 „ 1850	6 596	3434,64	3161,36	273,28
1751 „ 1800	3 658	1904,18	1756,82	147,36

[1]) Vergl. die neueren Erdbebenkataloge von demselben Verfasser.
[2]) Die Zahlen sind dem Original entnommen.

Auch für das Perigäum und Apogäum hat derselbe Verfasser solche Zusammenstellungen durchgeführt, von welchen hier nur die Schlußsummen gegeben werden.

Perioden	Zahl der Tage beim Perigäum (die zwei vorhergehenden und nachfolgenden Tage eingeschlossen)	Zahl der Tage beim Apogäum	Differenz zu Gunsten des Perigäum
1843 bis 1872	3290	3015	275
1801 „ 1845	262	232	30
1801 „ 1850	1223	1113	110
1751 „ 1801	526	465	61

J. F. J. Schmidt fand für Griechenland ein Maximum bei Neumond, ein zweites Maximum zwei Tage nach dem ersten Viertel, das Minimum beim letzten Viertel.

Derselbe hat das statistische Material über Häufigkeit der Erdbeben und Beziehung zu anderen Erscheinungen oder Himmelskörpern eingehend und sorgfältig untersucht. Betreffs des Mondes ergiebt sich, daß den größten Entfernungen des Mondes die zahlreichsten Erdbeben entsprechen, während die wenigsten auf die Erdnähe des Mondes fallen. Berücksichtigt man die Summe der Tage, welche gewissen Mondentfernungen entspricht, so ergeben sich für die Bahnhälfte der Erdnähe des Mondes 183 Erdbeben mehr (für die Zeit von 1766 bis 1873), für die Bahnhälfte der Erdferne 180 Erdbebentage weniger, als bei gleichmäßiger Verteilung der Erdbeben, so daß schließlich folgen würde, daß die Erdbeben zur Zeit der Mondnähe häufiger sind, als zur Zeit der Mondferne. Vergleicht man die Häufigkeit in Beziehung zu den Phasen des Mondes (1842 bis 1875), so findet man 1. ein Maximum der Erdbebenhäufigkeit um die Zeit des Neumondes; 2. ein anderes Maximum zwei Tage nach dem ersten Viertel; 3. eine Abnahme der Häufigkeit um die Zeit des Vollmondes; 4. die geringste Häufigkeit am Tage des letzten Viertels.

Für die Verteilung auf die einzelnen Monate giebt folgende Tabelle einen Überblick (seit den ältesten Zeiten):

Januar	2033	Mai	1719	September	1657
Februar	1928	Juni	1615	Oktober	2090
März	1903	Juli	1646	November	1953
April	1898	August	1749	Dezember	1814

(ein Maximum für Anfang Januar, Minimum für Anfang Juni und Juli).

Die größte Häufigkeit fällt auf die Zeit der Sonnennähe, die geringste auf die der Sonnenferne.

Bei Untersuchung der Orienterdbeben zeigte sich ein Maximum für $2^1/_2$ Uhr morgens, ein Minimum für $^3/_4 1$ mittags.

Auch scheinen die Vergleichungen der Erdbebenhäufigkeit und des Luftdruckes der Annahme eines möglichen Zusammenhanges zwischen beiden Erscheinungen nicht ungünstig zu sein, da bei Luftdruck über 756 mm (alle Barometerstände auf den Meeresspiegel reduziert) die Erdbeben seltener sind als bei Luftdrucken unter 756 mm.

Die Gewitter haben in Griechenland ein Hauptminimum in der ersten Märzwoche, ein Maximum Mitte Juni, und ein Minimum anfangs August,

eine Parallele mit den Erdbeben läßt sich daraus nicht ziehen, auch gelingt es nicht, größere Perioden in der Erdbebenhäufigkeit aufzufinden.

Resultat: Die Erdbeben sind nicht besonders an bestimmte Tageszeiten, Monate, Jahreszeiten oder Stellung der Himmelskörper gebunden; auch die mathematische Deduktion widerspricht dieser Annahme.

Aus der großen Menge von Zahlenmaterial und den in bestimmten Fällen gezogenen Schlüssen mag wenigstens einiges als weitere Begründung des Resultats mitgeteilt werden.

Verschiedentlich sind von einzelnen Forschern Zusammenstellungen gemacht, von denen einige mit Angabe der Hauptdaten folgen.

Jahr	Nach den Angaben von	Gesamtzahl	Winter	Dezember	Januar	Februar	Frühling	März	April	Mai	Sommer	Juni	Juli	August	Herbst	September	Oktober	November
1882	Fuchs	217	73	19	30	24	56	34	12	10	35	5	20	10	53	13	28	12
1883	Fuchs	263	56	21	21	14	66	22	20	24	68	20	29[1])	19	73	19	20	34
1882	Rockwood (Amerika)	72	11	5	3	3	18	8	6	4	14	2	6	6	29	7	16	6
1883	Rockwood (Amerika)	76	16	4	7[2])	5	20	9	3	8	18	3	7	8	22	8	9	5

Verteilung der Erdbeben nach Jahreszeiten (nach Supan):

Ort	Summa	Winter Dez. bis Febr.	Frühling März bis Mai	Sommer Juni bis Aug.	Herbst Sept. bis Nov.	Differenz	Zeit der Beobachtung	Beobachter
		in Prozenten						
Niederösterreich	120	35,0	19,2	25,8	20,0	15,8	1000 bis 1873	Hörnes
Kärnten	180	42,2	42,2	20,0	16,1	26,1	1000 bis 1877	"
Schweiz	1 230	37,5	25,6	11,5	25,6	26,0	—	Volger
Rhonebecken	182	34,1	17,6	19,2	28,9	16,5	16. bis 19. Jahrh.	Perrey
Rhein- u. Maasbecken	529	30,2	19,5	19,1	31,2	12,1	9. Jahrh. bis 1844	"
Donaubecken	270	28,1	22,1	24,8	24,8	6,0	5. Jahrh. bis 1844	"
Italien und Savoyen	1 020	30,1	25,4	20,2	24,3	9,9	4. bis 19. Jahrh.	"
Frankreich, Belgien, Niederlande	656	30,5	20,3	20,9	28,3	10,2	4. Jahrh. bis 1843	"
Orient	2 188	25,8	26,2	19,1	28,9	9,8	1200 bis 1873	Schmidt
Tokio	129	27,9	32,6	17,0	22,5	15,6	1876 bis 1878	—
Neu-England	231	35,1	19,9	18,9	26,1	16,2	1638 bis 1869	Brigham

[1]) 11. Januar Erdbeben von Illinois.
[2]) 28. Juli Erdbeben von Ischia.

Ort	Summa	Winter Dez. bis Febr.	Frühling März bis Mai	Sommer Juni bis Aug.	Herbst Sept. bis Nov.	Differenz	Zeit der Beobachtung	Beobachter
		in Prozenten						
Chile Valdivia	53	17,0	30,2	22,6	30,2	13,2	1851 bis 1775	—
Chile Santiago	189	18,9	27,9	28,8	24,3	9,9	1849 bis 1865	—
Copiapo	501	24,0	26,5	23,7	25,7	2,8	1862 bis 1877	—
Nördl. Halbkugel	2 450	30,2	23,6	22,0	24,1	8,2	800 bis 1794	Falb
" "	2 750	27,6	24,9	21,2	26,3	6,4	1794 bis 1842	"
" "	1 810	25,3	22,7	24,9	27,1	4,4	1850 bis 1857	Kluge
Südl. "	637	28,1	24,2	22,9	24,8	5,2	—	"
Ganze Erde	861	26,6	26,0	22,5	24,9	4,1	seit ältester Zeit	Schmidt
" "	22 149	33,4	22,9	20,0	23,8	13,4	1874 bis 1880	Fuchs
Griechenland	3 187	755	1077	767	588		1893 bis 1898	Das Maximum liegt im Mai, das Minimum im Oktober.
		23,6	33,8	24,0	18,6	15,2		

Von diesen zuletzt genannten griechischen Erdbeben fanden 1833 nachts, 1354 tags statt. Maximum 4^h bis 6^h a. m. (347), Minimum 8^h bis 10^h p. m. (176). Das Maximum fiel ferner auf den Vollmond, das Minimum auf den Neumond; im Perigäum fanden 558, im Apogäum 603 Erdbeben statt; im Perihel lag das Minimum, im Aphelium des Maximum.

Scheinbare Periodicität bei Erdbeben.

Erdbeben von Copiapo 1773, 1796, 1819. Lima 17. Juni 1578 und 1678; sonst sind in Lima starke Erdbeben angegeben: 1586, 1687, 1697, 1699, 1716, 1725, 1732, 1734, 1745, 1746, 1868.

In Wirklichkeit ist nirgends eine Periode nachgewiesen. Auch durch statistische Zusammenstellungen anderer Gegenden und Jahre wird dieselbe Behauptung bestätigt:

1880. 225 Erdbeben registriert: Winter 80, Frühling 32, Sommer 59, Herbst 54; das Maximum lag im Dezember, das Minimum im April. Januar 18, November 31, Dezember 43.

Ebenso ergaben die Beobachtungen in der Schweiz 1876 bis 1880, daß keine Beziehungen zu den Syzygien und keine zu den meteorologischen Erscheinungen vorhanden waren.

Man kann daher nicht, wie es im folgenden Falle geschehen, wenn eine statistische Beobachtung zuzutreffen scheint, allgemeine Schlüsse ziehen.

Baratta teilt nach den Beobachtungen beim ligurischen Erdbeben 1887 (s. ob. S. 372), bei dem von 457 beobachteten Stößen die Zahl derselben nach dem Durchgange des Mondes durch den Meridian größer als vorher war, dem Monde einen gewissen Einfluß auf die Häufigkeit der Beben zu. Die Erdkruste soll der Anziehung des Mondes etwas nachgeben und so die

Erdbeben beeinflussen. Auch die Ebbe- und Fluterscheinung in den Gruben von Dux wird herangezogen.

Russischer Katalog der Erdbeben.

Der Katalog umfaßt 2403 Erdbeben, 150 Vulkanausbrüche von Kamtschatka und einige starke Gewitter aus früherer Zeit. In der Einleitung wird (nach Milne) auch über die zweckmäßigste Einrichtung der Bauten im Erdbebengebiete gesprochen. Das Material ist sehr ungleichartig der Zeit und den Ländern nach; aus China sind nur die stärkeren Beben bekannt. Besonders häufig und stark wird die Gegend von Schamacha, Eriwan und dem Ararat erschüttert.

	Summe der Beben
China von 596 v. Chr. bis 1887	710
Ostsibirien von 1700 bis 1887	549
Westsibirien von 1734 bis 1887	36
Kaukasus von 715 bis 1887	590
Russisch-Centralasien nebst Buchara und Chiwa von 1716 bis 1887	202
Nordrußland, Finnland, Ostseeprovinzen und Petersburg	27
Ural und Umgebung von 1788 bis 1887	20
Übriges europäisches Rußland von 1000 bis 1887	198
Benachbarte Provinzen Persiens und der Türkei von 1843 bis 1887	121

Erdbeben im Orient vom 7. bis 17. Jahrhundert.

In dem Kataloge von Pholozan sind erwähnt im 7. und 8. Jahrhundert 3; im 9.: 15; im 10. und 11.: 17; im 12.: 18; im 13.: 16; im 14. und 15.: 7; im 16.: 6 und im Anfang des 17. Jahrhunderts 1.

Es sind naturgemäß nur die starken Erdbeben angeführt. In einzelnen Fällen sind die meteorologischen Verhältnisse mit hervorgehoben. Beim Erdbeben von Ahvaz (Kusistan) 840/841 fand heftiger Sturm, bei dem von Debit (Klein-Armenien) Dunkelheit statt. In einzelnen Fällen sind auch unterirdische Geräusche konstatiert, so 859/860 vom Erdbeben von Aleppo, 1256/1257 bei dem von Medina, 1287 in Ägypten. Feuermeteore (Blitze) wurden berichtet bei Erdbeben von Bagdad 881/882, Tauris 1314/1315, Medina 1483, Hamada 956/957. Auch die Erdbebendistrikte sind zusammengestellt, Persien wurde 52 mal erschüttert, 31 mal allein und 21 mal zusammen mit Syrien, Mesopotamien, Ägypten, Turkestan (besonders Irak und Khorassan). Syrien wurde 26 mal, Mesopotamien 25 mal erschüttert. Aus der Zusammenstellung geht hervor, daß auch Syrien und Judäa vom 13. bis 17. Jahrhundert nicht frei von Erdbeben waren (die Zahl war im 15. und 16. Jahrhundert verhältnismäßig gering: 7) und daß Ägypten ebenfalls häufig erschüttert ist (756, 856, 860, 885, 912, 952, 956, 996, 1030, 1034, 1068, 1069, 1201, 1204, 1212, 1259, 1287, 1294, 1303, 1344, 1373, 1385, 1386, 1422, 1425, 1435, 1482, wonach also durchschnittlich vier Erdbeben im Jahrhundert stattfanden).

β) Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen.

Vor allem ist es die Aufgabe, die von fernen Erdbeben herkommenden Wellen nach allen Beziehungen zu studieren, unter Zugrundelegung immer neuer Beobachtungen. Diese Bewegungen sind durch das Gefühl nicht wahr-

nehmbar, weshalb man auch wohl von unfühlbaren oder nicht gefühlten Erdbeben spricht.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit und Tiefe (Epicentrum).

Viele Daten finden sich bei der Aufzählung der Erdbeben. Lokris, 27. April 1894, Geschwindigkeit (v) 1,84 engl. Meilen (1 engl. Meile = 1609 m) in der Sekunde. Erdbeben von Kalabrien 1894, $v = 1,2$ bis 5,6 km in der Sekunde, Tiefe 52 km. Erdbeben von Konstantinopel, 10. Juli 1894, $v = 3$ bis 3,6 km in der Sekunde, Tiefe 2,3 km, 4,9 km. Erdbeben von Neuseeland (Australasia), Januar 1855, v kleiner als 20 engl. Meilen in der Minute, Tiefe des Epicentrums 25 engl. Meilen. Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Erdbebenwellen zwischen Zante und Catania im Meer 1439 m in der Sekunde, auf dem Lande 2 bis 5 km in der Sekunde. Erdbeben von Andalusien, $v = 3150 \pm 190$ m in der Sekunde.

Man unterscheidet jetzt häufig zweierlei Wellen: longitudinale Wellen, bei denen Fortpflanzungsrichtung der Erschütterung und Verschiebungsrichtung zusammen fallen ($v = 4,5$ bis 5 km); transversale, wo die Bewegungsrichtung der Teilchen senkrecht zur Fortpflanzungsrichtung steht ($v = 2,2$ bis 2,5 km), z. B.: 12. Juni 1897. Indisches Erdbeben. Geschwindigkeit der langen Wellen: 2,6 bis 2,8 km in der Sekunde, Wellenlänge 54 km, Periode 20 Sekunden; Geschwindigkeit der kurzen Wellen: 8,3 bis 10,6 km (9. und 11. April). Erschütterungsgebiet (Zerstörungsgebiet): 500 000 qkm, Wahrnehmungsgebiet 4 000 000 qkm.

Geschwindigkeit der Erdbebenwellen beim Erdbeben der Romagna bis Florenz (165 km) 0,86 km in der Sekunde; bis Utrecht (1050 km) 3,62 km in der Sekunde.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit verschiedener Stöße beim Erdbeben von Zante, 1893:

31. Januar	4,04 km ± 1,2 km	in der Sekunde,
1. Februar	3,28 km ± 0,4 km	" " "
20. März	2,33 km ± 0,33 km	" " "
17. April	2,34 km ± 0,3 km	" " "
4. August	2,12 km ± 0,27 km	" " "
Durchschnitt:	3,20 km ± 0,07 km	in der Sekunde.

Über die Tiefe, in welcher Erdbebenstöße entstehen:

	Tiefe in Meter Minim.	Mittel	Maxim.	Fortpflanzungsgeschwindigkeit in 1 Min. geogr. Meilen	in 1 Sek. in Meter
Mitteldeutsches Erdbeben 1872	14 394	17 956	21 592	6	742
Rheinisches Erdbeben 29. Juli 1846 (St. Goar)	—	38 806	—	4,59	576,6
Erdbeben von Herzogenrat Oktober 1873	5 045	11 130	17 214	2,67	360,2
Neapel 16. Dezember 1857 . .	5 102	9 275	15 037	2,1	259,7

Tiefe der Erdbeben (nach Seebach): Rhein 1846: 38,8 km, Neapel 1857: 10,7 km, Mitteldeutschland 1872: 18,0 km, Herzogenrat 1873: 11,1 km.

Bei allen diesen Berechnungen wird die Erdrinde als homogen (gleichmäßig beschaffen) angenommen, was nicht der Wirklichkeit entspricht.

Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Flutwelle bei dem Erdbeben von Arica 13. August 1868.

	Entfernung in Seem.	Dauer in Stunden	Geschwindigkeit in Seem. pro Stunde
Arica bis Valdivia	1420	5	284
„ „ Chatham-Inseln	5520	15 19 Min.	360
„ „ Lyttleton (Neu-Seeland)	6120	19 18 „	316
„ „ Newcastle (Australien)	7380	22 28 „	319
„ „ Hilo (Sandwich-Inseln)	5400	14 25 „	329
„ „ Honolulu (Sandwich-Inseln)	5580	12 37 „	442

Das Erdbeben von Iquique vom 9. Mai 1877 und die durch dasselbe verursachte Erdbebenflut im Großen Ocean.

Als Centrum wird Iquique angenommen, als Zeit des Eintritts 8^h 20′ p. m. den 9. Mai 1877; wahrscheinlich aber lag das eigentliche Centrum etwa 50 Seemeilen westlich, gegenüber dem Papellon de Pica.

Die Tiefe des Erdbebens kann nicht angegeben werden. Es wurde verspürt von Callao bis Coronel, also auf 25 Breitengrade, aus dem Innern des Landes liegen so gut wie keine Angaben vor. Die Resultate der Untersuchung sind aus der folgenden vervollständigten Tabelle ersichtlich. Die berechneten Tiefen stimmen nicht mit den direkt geloteten.

Ferner wird von heftigem Regen nach dem Erdbeben berichtet, was auch 1878 eingetreten sein soll.

Orte	Entfernung von Iquique Seemeilen[1])	Dauer der Reise der Welle	Geschwindigkeit der Welle, Seemeilen pro Stunde	Mittlere Tiefe des Oceans Faden
I. Orte an der amerikanischen Küste.				
Coquimbo	590	2 St. 10 M.	273	1104
Sota	1025	4 „ 15 „	241,2	861
Coronel	1020	5 „ 47 „	177,5	567
Enseñada	1195	7 „ 48 „	155	355
Corral	1195	8 „ 35 „	140	290
Callao	633	3 „ 5 „	205,5	625
Casma	800	4 „ 35 „	161,6	386
Huanchaco	892	6 „ 40 „	134	266
Acapulco	2825	15 „ 35 „	181,9	490
Obispo	4389	14 „ 5 „	311,8	1440
II. Die übrigen Punkte im Stillen Ocean.				
Taichaï (Marquesas)	4086	12 St. 15 M.	333,5	1647
Apia (Samoa)	5740	15 „ 30 „	361	1930
Hilo (Sandwich-Inseln)	5526	14 „ —	395	2310
Kahului (Sandwich-Inseln)	5628	14 „ 5 „	399,3	2361
Honolulu (Sandwich-Inseln)	5711	14 „ 25 „	396	2319
Wellington (Neu-Seeland)	5657	18 „ 15 „	310	1430
Lyttleton „ „	5641	18 „ 23 „	307,4	1400
Newcastle (Australien)	6800	18 „ 7 „	374,4	2075
Sydney „	6782	18 „ 10 „	373,4	2065
Kamaishi (Japan)	8790	22 „ 55 „	383,8	2182
Hakodate „	8760	25 „ —	350,4	1818
Kadsusa „	8939	25 „ 15 „	358	1895

[1]) Eine Seemeile = 1852 m.

Erdbeben von Labuan (Borneo), 21. September 1897.

Entfernung von Labuan. in km	Ort	Erschütterung am 20. Sept. Anfang der Störung	Erschütterung am 20. Sept. Geschwindigkeit in der Sekunde km	Erschütterung am 20. Sept. Dauer der Störung Stunden	Erschütterung am 21. Sept. Anfang der Störung t. m. E. G.	Erschütterung am 21. Sept. Geschwindigkeit in der Sekunde km	Erschütterung am 21. Sept. Dauer der Störung Stunden
1 580	Batavia	20^h 16,5^m	—	—	6^h 22,75^m	—	—
4 830	Bombay	—	—	—	6 48,6	2,10	¼
9 050	Nikolajew	20 23,5	17,71	4	6 27,0	29,29	> 1
10 350	Potsdam	20 26,0	15,38	2	6 30,0	20,16	3
10 530	Katania	20 25,1	17,35	2¼	6 29,5	22,10	1,5
10 560	Ischia	20 21,9	27,71	2⅓	6 28,2	27,46	1¾
10 630	R. di Papa	20 25,0	17,75	2½	6 32,1	16,13	1½
10 650	Rom	20 21,9	27,99	2½	6 29,7	21,75	> 1¼
11 200	Edinburg	20 56,0	4,06	½	7 5,5	35,8	½
11 430	Shide	20 24,8	19,78	3	6 28,85	26,91	3

Hier zeigt sich recht auffallend, wie verschiedenartig die Resultate für Geschwindigkeit der Fernbebenwellen ausfallen und wie noch viele Beobachtungen und Arbeit erforderlich sein werden, um Gesetzmäßigkeiten aufzufinden.

Arten der Erdbebenbewegung.

Zum Schluß mögen die bisherigen Resultate, welche mit Hülfe der Messungen der Erderschütterungen bisher gewonnen sind, kurz zusammengefaßt werden. Wenn dieselben auch nicht zu einem Abschluß gekommen sind, wenn sie auch vielleicht später anders gedeutet oder durch längere Beobachtungsreihen überholt oder ergänzt werden mögen, geben sie doch einen Einblick in die jetzigen Richtungen der Erdbebenforschung und die schwierigen Aufgaben, welche dieselbe zu lösen hat.

Bei den natürlichen Erderzitterungen kann man unterscheiden: 1) die durch plötzliche und starke Bewegungen des Bodens hervorgebrachten charakterisierten Störungen, eigentliche Erdbeben. Man unterscheidet jetzt longitudinale und transversale Fortpflanzungswellen, die sich mit verschiedener Geschwindigkeit fortpflanzen. Diese zu bestimmen, ebenso ihre Intensität, Ablenkung u. s. w., sowie Periodicität und Abhängigkeit von der Bodenbeschaffenheit, den meteorologischen Verhältnissen wird mit Hauptaufgabe der internationalen Erdbebenforschung sein. Neigen doch manche dazu, die Struktur der Erdrinde (Tektonik) nicht als Ursache der Erdbeben anzusehen, sondern nur als einen prädisponierenden Umstand, — die Schichten sind in einer bestimmten Spannung gegeneinander, eine Auslösung derselben durch äußere Ursachen bringt dann das Beben hervor. Auch die Frage, ob die Erdbebenwelle nur in der Oberfläche, nicht durch die tiefsten Erdschichten hindurch fortgepflanzt wird, ist noch nicht gelöst, ebensowenig wie weit die von einem Erdbebenherde

ausgehenden Erschütterungen durch die Beschaffenheit und Gliederungen des Bodens gehemmt werden. Die Reihe der auf dem Gebiete dieses Teiles der Seismologie zu lösenden Aufgaben ist eine sehr große, lang fortgesetzte mühsame Beobachtungen werden zum Ziele führen, wobei freilich scheinbare Gesetzmäßigkeiten, die aus zufälligem Zusammenfallen besonderer Naturereignisse mit den Bodenerschütterungen abgeleitet werden, sorgfältig zu eliminieren sind.

Diesen plötzlichen Bodenstörungen stehen als anderes Extrem 2) jene langsamen Niveauveränderungen gegenüber, die nur in großen Zeiträumen sich bemerklich machen, die säkularen Hebungen und Senkungen, die die Gestaltung der Kontinente im Laufe der geologischen Epochen so wesentlich beeinflußt haben; untergetauchte Küsten, Strandlinien, gehobene Küsten, versunkene Wälder und Bauwerke, Überreste von Seetieren an hoch gelegenen Rändern der Steilküsten sind Zeugen von den Niveauverschiebungen in neuerer geologischer und in historischer Zeit.

3) Eine dritte Gruppe von Erderzitterungen besteht in den Pulsationen, Nacherzitterungen nach großen Erdbeben, die nur mit Instrumenten nachweisbar sind. Sie können von großer Amplitude sein, aber doch unmerklich bleiben, weil sie außerordentlich langsam vor sich gehen. Wie eine stark bewegte Wasserfläche sich erst nach langer Zeit beruhigt, so kommen auch bei einem erschütterten festen Körper die Teilchen erst nach langer Zeit zur vollständigen Ruhe.

4) Eine weitere Gruppe von Erderzitterungen kann durch Winde und Wellenschlag, Meeresbrandung und andere natürliche Ursachen hervorgebracht werden, und diesen schließen sich jene langsamen Pulsationen an, die durch Änderungen des Luftdruckes und durch Wärmeveränderungen hervorgebracht werden. Steile Wände werden durch den Anprall der Winde merklich erschüttert, heftige Stürme und Orkane üben eine Stoßbewegung auf den Erdboden aus, und daß die Brandung Felsen erschüttert, kann man durch das Gefühl wahrnehmen; auch Beobachtungen auf Leuchttürmen, die auf steilen Felsen stehen, zeigen, daß außer den durch den Wind bedingten großen Schwankungen des Turmes solche Erschütterungen vorhanden sind.

Durch die Temperaturveränderung können bisweilen sogar Oscillationen entstehen, die wir nicht nur durch das Gefühl, sondern auch durch das Gehör wahrnehmen. Der klingende Sand der Wüstenberge, die tönenden Felsen im böhmischen Sandsteingebirge und die zauberhaften Laute der Manitouinsel im Michigansee sind Beispiele dafür, ebenso wie sich die Sage vom Klingen der Memnonssäule beim Aufgang des leuchtenden Tagesgestirnes so erklären läßt.

Ob die Änderung des Barometerdruckes Pulsationen hervorbringt, ist nicht mit Sicherheit festgestellt; die geringen Differenzen von höchstens 50 bis 60 g für das Quadratcentimeter, die überdies nur allmählich eintreten, scheinen nicht ausreichend, um die schwere Verschiebbarkeit der Teilchen der festen Erdrinde zu überwinden, auch hat die statistische Vergleichung noch keine sicheren Anhaltspunkte gegeben.

Die eigentlichen mikroseismischen Bewegungen haben ihren Sitz in der Erdtiefe und wurden vor allem von Bertelli, Rossi, Milne und anderen mit besonderen Instrumenten, den Tromometern, untersucht. Ein Teil dieser Be-

wegungen läßt sich vielleicht auf barometrische Schwankungen beziehen, aber doch bleibt das Resultat, daß diese mikroseismischen Bewegungen außerordentlich häufig sind und sich der feste Erdboden fast fortwährend in Bewegung befindet: das Wort „fest wie der Erde Grund“ kann nicht mehr als zutreffend angesehen werden. Ob diese Erschütterungen durch kleine Verschiebungen der festen Teile im Erdinnern hervorgebracht werden, ob Dämpfe und Gase, die im Innern cirkulieren, Veranlassung sind, ob sie hervorgebracht werden durch den Druck der oberen Erdschichten, oder welche Kräfte sonst dabei thätig sind, ist uns noch nicht sicher bekannt.

Manchmal beobachtet man periodische Verstärkung dieser Thätigkeit (mikroseismische Stürme), so daß man sie mit den Änderungen der kosmischen Stellung der Planeten, Sonne und Mond, glaubte in Verbindung setzen zu können, — Änderungen, bedingt durch Ungleichmäßigwerden der Schwerkraft zur Zeit der Quadraturen und Syzygien, die zu der Vorstellung führten, als könne die feste Erde unter dem Einfluß der kosmischen Anziehung gewisse außerordentlich kleine Gestaltsveränderungen in periodischer Wiederkehr erleiden, womit der Phantasie ein weiter Spielraum geöffnet war.

Ein weites Feld der Forschung steht dem menschlichen Geiste offen, aber weniger bebaut, weniger bekannt und weniger geschätzt als die wissenschaftlichen Gebiete, welche die Technik ausnutzt, während die Erforschung einer wissenschaftlichen Wahrheit überall gleichwertig sein sollte!

γ) Notizen über sonstige Erscheinungen bei Erdbeben (weitere Ausführung).

Erdbeben und meteorologische Erscheinungen.

Barometerstände bei 57 Erdbeben.

7 bei einem Minimum.
3 bei einem Maximum.
Bei 20 war das Barometer im Sinken begriffen.
Bei 16 im Steigen begriffen.
Bei 11 unbestimmt schwankend.

Das monatliche Mittel der Barometerstände (bei 75 Erdbeben beobachtet)

war 31 mal über dem Mittel
„ 24 „ unter „ „
„ 2 „ beim „ „
„ 32 „ höher als das Jahresmittel
„ 25 „ tiefer „ „ „

Eine Specialuntersuchung ergab bei Erdbeben aus 119 Jahren, daß weder Barometerstand noch Witterung mit den Erdbeben zusammenhängen.

Es muß ja irgend eine Witterung beim Erdbeben vorhanden sein, und so sind in dieser Beziehung die verschiedensten Beobachtungen gemacht. Bei den Erdbeben in England 1795 und in Italien 1805 bis 1810 werden Windstöße hervorgehoben, ebenso bei zwei Stößen in Groß-Gerau (vergl. S. 368 u. 369), Föhn ist in der Schweiz 84 mal notiert, am 6. Januar 1821 (Zante) war gar keine Änderung der Witterung beobachtet, 17. November 1821 bei Jassy Regen. Der Nebel, der beim Erdbeben von Calabrien beobachtet wurde, rührte wohl vom Ausbruch des Skaptar Jökul her, wie beim Krakatoaausbruch der Nebel sich auch verbreitete in Gegenden, wo man vom Vulkanausbruch noch nichts wußte. Im übrigen war das Wetter beim Erdbeben von Calabrien ruhig.

Bei weiten Schüttergebieten muß auch die Erschütterung mit den ver-

schiedensten Witterungsverhältnissen zusammentreffen. Es werden ungewöhnliche Wärme, Sturm, Windstille, Regen u. s. w., kurz und gut aus alter und neuer Zeit die verschiedensten Erscheinungen der Atmosphäre (z. B. auch phantastische Wolkenbildung) mit den Erdbeben in Zusammenhang gebracht, ohne daß nur irgend eine Regelmäßigkeit beim Vergleich der verschiedenen Berichte sich ergiebt.

Auch der Umstand hätte schon gegen alle solche Zusammenstellungen und den angeblichen, nicht physikalisch begründeten Zusammenhang der meteorologischen Erscheinungen mißtrauisch machen sollen, daß manche Erdbeben sich jahrelang in einzelnen Stößen fortsetzen (Nachbeben), ohne daß nur ein regelmäßiger Zusammenhang mit dem Wetter beobachtet wäre.

Das Herabfallen eines Magnetankers beim Erdbeben, Bewegung der Magnetnadel bei der Erschütterung, das Auftreten eines Gewitters während des Erdbebens ließen sofort Elektricität und Magnetismus mit den Erdbeben in Verbindung bringen, ja man schloß, daß die Erdbeben- und Gewitterzahlen in umgekehrtem Verhältnisse ständen. Daß elektrische Verhältnisse der Erdrinde sich beim Erdbeben verändern können, ist nicht zu bestreiten, aber daß sie sich regelmäßig ändern, ist noch nicht erwiesen.

In Japan wurde die Luftelektricität während der Erdbeben untersucht. In Tokio wurden unter 15 Fällen nur in 3 Fällen elektrische Störungen beobachtet. Die Änderung im Potential geschah plötzlich und hob sich bis 30 Volt. Sichere Resultate sind nirgends erlangt worden.

Entstehung von Spalten u. s. w. Nachstöße. Nebenerscheinungen.

27. April 1894, Lokris. Spalte (Riß) von 55 km Länge, 50 cm bis 3 m Breite; sie setzte sich fort von der Bai von Scraponei bis zur Stadt Atalanti. Unterirdisches Geräusch ging voraus. Man konnte drei Erschütterungsellipsen unterscheiden: die Epicentrum-Ellipse mit den Achsen von 28 und 9 km, eine Ellipse, innerhalb welcher Gebäude zerstört wurden, und die mit geringen Zerstörungen. — Verschiebung der Ellipsen. Nebenerscheinungen: Bewegung des Meeres (starkes Zurücktreten, Erdbebenwoge), Loslösung von Erdreich, Versiegen von Quellen, Entstehung warmer Quellen in der Nähe früherer Quellengebiete (Aedaysos), Bildung langer Spalten, Senkung des Meeresbodens, Senkung der Ebene von Atalanti bis 1,5 m. Tiefe des Centrums 6007 bis 7183 m.

Die Häufigkeit der Erdbeben im Orient kann man darauf zurückführen, daß die Länder im Stadium des Schollenlandes sind und sich noch in fortwährender Bewegung befinden.

Verwerfungen. Nach dem Quettaerdbeben, 20. Dezember 1892, in Indien (Indusgegend) wurde eine starke Verbiegung der Schienen zwischen den Stationen derselben und Chaman sowie eine Verkürzung der Linie beobachtet, — die Schienen mußten um 2′ 5″ (engl.) gekürzt werden.

Größte Zahl der Nachstöße beim Mino-Owari-Erdbeben (Gifu) 3365. Ihre Intensität nimmt mit der Entfernung vom Hauptherde sehr ab.

Zahl der Stöße bei einzelnen Erdbeben. 25. Juli 1855, Erdbeben von Visp: die Stöße finden bis 1857 statt. 1783 Erdbeben von Calabrien:

die Nachstöße finden fast ein Jahrzehnt lang statt. 12. März 1873, Belluno: bis Ende des Jahres, 25. Dezember, wurden Stöße wahrgenommen.

Erdbeben von Zante. Die Erdstöße zu Zante begannen im August 1892 und dauerten mit größerer oder geringerer Heftigkeit bis Ende des Herbstes 1893 fort. Die stärksten Stöße fanden am 31. Januar, 1. Februar und 17. April 1893 statt. Es werden unterschieden die normalen Erschütterungen, die Erzitterungen (vibrations), die Detonationen, die Stöße (chocs) und die Schwankungen (balancements). Die gewöhnlichen Erschütterungen nebst ihren vorbereitenden und folgenden Stößen begannen mit horizontaler Bewegung, die sich durch eine vertikale fortsetzte; sie waren von unterirdischem Geräusche begleitet. Die Erschütterungen wurden in Nikolajew und Straßburg, die am 17. April auch an den magnetischen Instrumenten zu Potsdam wahrgenommen. Die Erzitterungen waren oft außerordentlich häufig (40 bis 50 in einer Nacht), aber sehr schwach. Die Detonationen werden mit Kanonenschüssen und Explosionen von Gasblasen verglichen; sie waren besonders häufig in den Nächten vom 21. zum 22. März, vom 2. zum 3. und vom 9. zum 10. April. Die Schwankungen sind langsame horizontale Oscillationen, regelmäßig, von langer Dauer ohne Stöße.

Das Erdbeben von Konstantinopel fand am 10. Juli 1894 $12^h\ 24^m$ (Ortszeit) statt. Dasselbe bestand aus drei Hauptstößen, der zweite war der heftigste, unterirdisches Getöse wurde wahrgenommen. Die Erschütterung hatte die Richtung Nord-Ost—Süd-West. Das Epicentrum bildet eine langgestreckte Ellipse, deren große Achse 175 km, deren kleine 39 km lang war, der Stoß war fast senkrecht; außerdem werden noch drei Zonen unterschieden, und es ist versucht worden, die Isoseisten festzustellen. Das Erdbeben hatte Einfluß auf Quellen und Brunnen, die Spaltenbildung war nicht sehr auffällig. Die Tiefe des Erdbebenherdes wurde zu 34 km bestimmt. Der Stoß verbreitete sich ziemlich weit (Paris, Bukarest, Birmingham), die Fortpflanzungsgeschwindigkeiten waren 3 km bis 3,6 km. Das Erdbeben gehört der Erdbebenperiode an, welche damals das südliche Italien und Südosteuropa erduldeten (Zante, Theben, Lokris, Konstantinopel, Sicilien, Calabrien).

Es würde zu weit führen, für alle Nebenerscheinungen noch mehr Belege beizubringen und dieselben eingehender zu besprechen, wie die Geräusche, Schlammausbrüche, angebliche Flammenbeobachtungen u. s. w. Manches davon ist ja auch bei der Aufzählung der Erdbeben und den hinzugefügten Notizen berücksichtigt.

δ) Bemerkungen über Zerstörung an Gebäuden.

Die auffallendsten Wirkungen, welche die Erdbeben hervorbringen, sind für die Menschen die Zerstörungen an den Gebäuden. Durch ihren Einsturz gehen bei den großen Katastrophen die meisten Menschenleben zu Grunde. Aber auch in wissenschaftlicher Beziehung geben die Beschädigungen und die Zerstörung der Häuser Anhaltspunkte über Richtung und Stärke des Stoßes, ja oft sind dies die einzigen Hülfsmittel, um ein bestimmtes Erdbeben zu studieren. In Gegenden, wo keine Institute und Observatorien vorhanden sind, wo Personen, die ein Phänomen wissenschaftlich kontrollieren können,

fehlen, und man auf die übertriebenen und unrichtigen Aussagen der Bewohner angewiesen ist, bleiben eben nur die natürlichen Wirkungen als Hülfsmittel übrig, gegen die sich freilich manches einwenden läßt. Die Zerstörungen können von verschiedenen Stößen herrühren und hängen außer von diesen auch von den Bedingungen, denen der getroffene Körper so oft unterliegt, ab. Die leisen Stöße berühren unsere Häuser nicht, stärkere veranlassen ein Schwanken beweglicher Körper (Kronleuchter, Glocken u. s. w.) oder Umfallen von Möbelstücken, Zusammenklirren der Gläser, ein Vibrieren des ganzen Gebäudes und andere Erscheinungen mehr. Bei noch stärkeren Bewegungen bilden sich Spalten und Risse, es erfolgt ein Umsturz von Mauern, Einsturz von Decken und bei den stärksten Erdbeben ist in wenigen Minuten die Stadt in Trümmer gelegt.

Die Stabilität der Gebäude den Erdbeben gegenüber hängt von verschiedenen Umständen ab. Zunächst von der Beschaffenheit des Bodens: lockerer Boden mit kompaktem Untergrund und anstehendem Gestein ist den Erschütterungen gegenüber sehr wenig stabil, während eine tiefgehende Schicht lockeren Materials verhältnismäßig stabil ist. Sodann hängt die Stabilität einer Wand von der Richtung ab, in welcher sie von der Erdbebenwelle getroffen wird; fällt die Längsausdehnung mit dem Wellenzuge zusammen, so werden keine Sprünge, sondern Umwerfungen erfolgen, oder auch Sprünge längs der Wand; steht die Wand senkrecht zum Wellenzuge, so werden Querspalten der Wand senkrecht zu ihrer Längsausdehnung erfolgen. Der Verlauf dieser Spalten ist, wie die Zertrümmerung überhaupt, von der Kohäsion der Teile der Wand bedingt, also vom Material (Backsteine, Blöcke u. s. w.) und der Art des Zusammenfügens (Mörtel, Bindemittel). Hat die Wand eine Zwischenstellung, wird sie also schräg von den Erdbebenwellen getroffen, so werden sich Richtung der Spalten und Größe aus dem Gesetze der Zusammensetzung und Zerlegung der Kräfte theoretisch ergeben (Parallelogramm der Kräfte, vergl. Physik).

Man hat daher vielfach aus den Richtungen, in welchen die Gegenstände umgeworfen werden und in denen die Spalten und Ritzen verlaufen, auch auf den Verlauf der Erdbebenwellen geschlossen. Die Untersuchungen, wie sie bei dem Erdbeben von Belluno, Ischia, Charleston, Agram und vielfach in Japan gemacht sind, bieten großes Interesse, verlangen aber bildliche Darstellungen und eingehende Erörterung. Die früher erwähnten Rotationen sind auf zwei gleichzeitig wirkende Wellensysteme zurückzuführen.

Die beiden nachfolgenden Abbildungen (Fig. 228 und 229) geben eine Vorstellung von einer Richtungsbestimmung aus Zerstörungen an Baulichkeiten.

Die beim Erdbeben von Gifu (Japan) in einem Orte in gleicher Richtung umgestürzten Grabsteine (Fig. 228) geben die Richtung der Erdbebenwelle an und lassen auch auf die Intensität der Erschütterung schließen.

Auch die zweite Abbildung (Fig. 229), die die Zerstörung eines nach europäischem Muster errichteten Gebäudes zu Nagoye (Japan, Erdbeben am 28. Oktober 1891) wiedergiebt, läßt entsprechende Schlußfolgerungen zu.

Daß bei allen diesen Verwüstungen und Änderungen auch die Gestalt und der Umfang des Bauwerkes (Kirche, Wohnhaus, Türme u. s. w.) in

Betracht kommen, ebenso wie die Ausführung des Baues (Dicke der Wände, Wölbung u. s. w), ist natürlich. Wenn auch bei weitem die meisten Zerstörungen durch wellenförmige Bewegungen hervorgebracht werden, so kommen doch auch senkrecht aufwärts gerichtete und senkrecht abwärts gerichtete Bewegungen vor. Die ersteren, die succussorischen Bewegungen, wirken ähnlich wie Explosionen, die Gegenstände werden hoch geschleudert mit der größten Kraft, wie bei dem Erdbeben von Riobamba 1783, wo Gegenstände des einen Hauses in Nachbarhäusern gefunden wurden und auf benachbarten Hügeln sich Leichen und Gerätschaften fanden. Auch sind Pfähle und Mastbäume senkrecht emporgeschleudert, wie überhaupt in diesen Beziehungen die merkwürdigsten Erscheinungen beobachtet sind. Die Bewegung abwärts wird durch Einsturz hervorgebracht. Diese Bewegungen sind oft künstlich unabsichtlich herbeigeführt. In industriellen Gegenden hat der Bergbau, wie im Duxer Becken und bei Lüttich, oft die Orte selbst unterwühlt, die verlassenen Bauten sind durch unterirdische Gewässer erweitert und es erfolgen Einstürze, Rutschungen wie bei Eisleben, Staßfurt und Roosbeck in England, wo 200 Häuser zerstört wurden. Bei diesen Senkungen, die sehr allmählich geschehen, erfolgt meist eine Spaltung der Häuser.

Fig. 228.

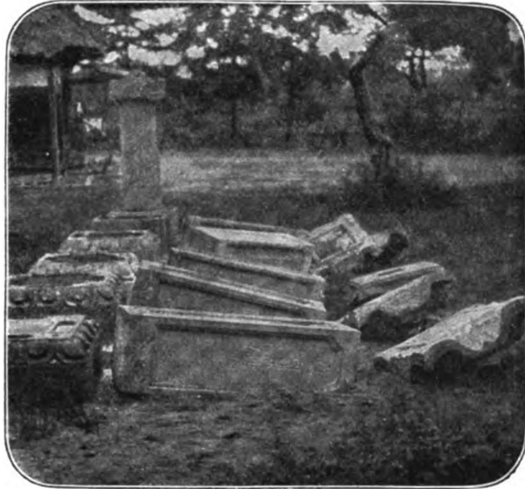
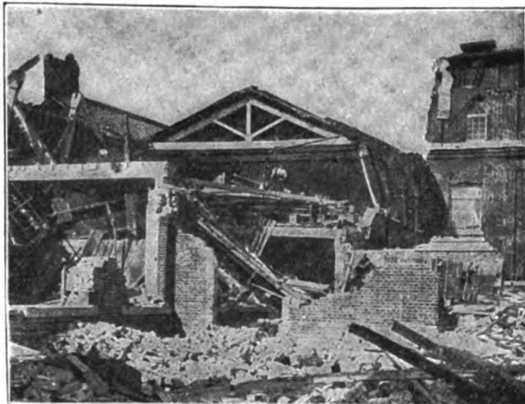


Fig. 229.



Einstürze ähnlicher Art werden auch in der Natur durch Auslaugung und Rutschungen herbeigeführt, sind doch die Bergstürze oberirdische Rutschungen, und können nicht ähnliche Vorgänge unterhalb der Erdoberfläche vor sich gehen und den nahen Ortschaften verderblich werden, wie in den Gebieten des Gipses?

In den von Erdbeben oft heimgesuchten Gegenden (namentlich Japan, Mittelamerika) ist man auch der Frage näher getreten, welche Gebäude den

meisten Schutz gegen Erdbeben bieten, welche die größte Stabilität, die größte Erdbebensicherheit besitzen. Daß leichte Hütten, deren Einsturz den Menschen an und für sich nicht gefährdet, das Sicherste sind, ist natürlich, diese zu Städten zusammenzubauen, verbietet sich von selbst, auch bieten sie so wenig Bequemlichkeit, daß man auf sie verzichten wird. Man baut eben, wie es am bequemsten, billigsten oder schönsten ist, und rechnet damit, daß große Katastrophen sehr selten sind und sich in ihren verheerenden Wirkungen nicht über weite Gebiete erstrecken, wenn auch die Erschütterungen weithin bemerkt werden, — sind doch bei den großen Katastrophen der letzten 30 Jahre verhältnismäßig nur wenige Opfer geblieben; mehr werden durch die Wasserwellen, welche die Erdbeben begleiten oder ihnen vorhergehen, getötet. Die Katastrophen von Laibach, Agram und in der Schweiz führten nur geringe Menschenverluste herbei. Und wie sorglos und fatalistisch die Menschen den großen Naturereignissen, die sie nicht abwenden können und deren Eintritt unberechenbar ist, gegenüberstehen, zeigt uns die Erzählung, daß, als Herculaneum und Pompeji am 5. Februar 63 durch Erdbeben vollständig zerstört wurden, eine Beratung im Senate zu Rom stattfand, nach welcher der Wiederaufbau gestattet wurde, der 79 noch nicht vollendet war; auch in Bezug auf Lima hatte man nach den Zerstörungen an Verlegung der Stadt gedacht. Aber die alten Stätten erschienen den Wiederaufbauenden gesichert, weil eben nur selten solche Ereignisse eintreten und so haben auch Verlegungen von Basel, Laibach und Villach, die viel unter Erdbeben zu leiden gehabt haben, nicht stattgefunden.

Übrigens haben neuere Beobachtungen bei dem ziemlich starken Erdbeben in Kalifornien am 30. März 1898, das auch San Francisco erschütterte (der Herd lag wahrscheinlich in der Bai selbst), gezeigt, daß die Zerstörungen bedeutend sein können, ohne daß Verlust an Menschenleben zu beklagen ist, und daß die bisher aufgestellten Regeln über die beste Bauweise der Häuser in Erdbebengegenden (einstöckig) nicht notwendig die richtigen sind. Es wird über dieses kalifornische Erdbeben folgendes geschrieben [1]):

„Wie es scheint, lag der Herd dieses Erdbebens im nördlichen Teil der San Francisco-Bai, wahrscheinlich auf der Ostseite der San Pablo-Bai, wo auf Mary Island die Werft der Marine (Navy Yard) sich befindet, da hier die größten Zerstörungen stattfanden, deren Schaden auf 500000 Dollars veranschlagt wird. Ein großes Sägewerk stürzte zusammen, und es fehlte nicht viel, so wäre auch das solide Hospital, welches vor 29 Jahren aus Backsteinen errichtet wurde, in einen Trümmerhaufen verwandelt worden. Es enthielt 50 Kranke, welche sich mit der Bedienung in den Hof flüchteten, als es an vielen Stellen krachend sich hin- und herbewegte. Manche der zahlreichen Risse sollen so weit und tief sein, daß das Tageslicht ins Innere hindurchdringen kann."

„An vielen anderen Orten in weitem Umkreise beschränkte sich der Schaden auf das Einstürzen zahlreicher Schornsteine und die Zertrümmerung großer Spiegelscheiben an Schaufenstern, an noch anderen auf das Ablösen und Niederfallen von Decken und Wandbewurf. Glücklicherweise ist nirgends ein Menschenleben zu beklagen, auch in San Francisco nicht, obgleich hier ein Haus mit 18 Bewohnern zusammenbrach."

„Bekanntlich hat in neuester Zeit die Bauspekulation in den nordamerikanischen Großstädten unschöne Häuserkolosse hervorgerufen, deren schwindelnde Höhe in

[1]) Petermanns Mitteilungen 1898, Heft 5.

starkem Mißverhältnis zur Grundfläche steht. Das höchste derartige Gebäude, welches San Francisco aufweist, ist das „Claus Spreckles Building“, an der Ecke der dritten und Marktstraße. Es steigt auf quadratischer Basis turmartig bis zur Höhe von 317 Fuß (96,62 m) in 19 Stockwerken empor. Man war nun gespannt, wie es sich zu dem erwähnten Erdbeben verhalten werde, und befürchtete Unglück für seine Insassen. Nun befindet sich im 17. Stockwerk der „San Francisco-Klub“, von dem noch einige Mitglieder zur Zeit der Erderschütterung mit Billardspiel beschäftigt waren. Sie merkten die Bewegung wohl, konnten aber ohne nennenswerte Störung ihre Unterhaltung fortsetzen, und als am anderen Tage das Gebäude von Bauverständigen in allen Teilen gründlich untersucht wurde, fand man es unversehrt.“

„Diese Erfahrung ist wohl das interessanteste Ergebnis aus dem erwähnten Erdbeben, das nicht ohne Einfluß bleiben kann auf die Bauart der Häuser in erdbebenreichen Ländern, wie Turkestan und Japan, wo man bisher der Meinung war, daß nur einstöckige Gebäude einigermaßen Sicherheit gegen Einsturz bieten könnten.“

4. Einiges zur Theorie der Erdbeben.

In der allgemeinen Skizze sind die wichtigsten Theorien der Erdbeben kurz angeführt. Die dann mitgeteilten Thatsachen werden in den meisten Fällen Mittel zur Beurteilung an die Hand geben, aber doch liegt es nahe, die eine oder andere Theorie näher auszuführen. Dabei müßte eine solche Fülle von Material zum Beweis für die Theorie bezw. zur Entkräftung beigebracht werden, daß schon dadurch, da die einzelnen Theorien dasselbe Recht beanspruchen könnten, eine Diskussion aller Theorien unmöglich ist. Deshalb mögen nur einige, die besonderes Aufsehen gemacht haben, hervorgehoben werden.

Bestimmte Thatsachen stehen fest: Einige Erdbeben sind direkt mit Ausbrüchen von Vulkanen verbunden (vulkanische Erdbeben), andere stehen mit dem Vulkanismus überhaupt (einer höheren Temperatur im Erdinnern) in Zusammenhang (plutonische Erdbeben), andere Erdbeben erklären sich aus Einstürzen und die meisten durch Verschiebungen in der festen Erdrinde (Dislokations-, tektonische, dynamische Erdbeben), alle so erzeugte Bewegungen vermögen sich auf geringere oder weitere Entfernungen fortzupflanzen und bringen dort entweder direkt wahrnehmbare oder erst durch Instrumente merkbare Erschütterungen hervor. Erderschütterungen können außer durch diese endogenen (im Innern entstehenden) ferner durch nicht endogene Ursachen, Wind, menschliche Industrie- und Transportanlagen, künstliche Explosionen hervorgebracht werden.

Besondere, noch nicht hinlänglich aufgeklärte Bewegungen sind die mikroseismischen Bewegungen, die Tremors, deren Ursachen ebenso wie bei den makroseismischen Bewegungen verschieden sein werden.

Hiernach läßt sich von vornherein der Wert der Theorien beurteilen, die mit das meiste Aufsehen erregt haben, nämlich jener, die die Ursache nicht in Verhältnissen der Erde, sondern in außerirdischen Bedingungen sehen und die man kurz als kosmische Theorien zusammenfassen kann. Die kosmischen Theorien wurzeln einerseits in der Statistik, andererseits in der Anschauung, die seit alters den Menschen befangen hält, daß die Himmelskörper in allem

und jedem unsere Erde beeinflussen können, wie man früher ihren Einfluß sich sogar auf das Schicksal der einzelnen erstrecken ließ.

Mit diesen Theorien hängt denn auch die Vorhersagung und die Vorherbestimmung der Erdbeben zusammen.

Ähnliche Theorien und Anschauungen finden wir auch in der Meteorologie wieder, wo ihnen ebenfalls ein großer Raum der Entfaltung gestattet war. Namentlich die Sonnenflecke sind mit allen möglichen Erscheinungen im Leben in Verbindung gebracht worden, mit dem Zusammenbruch finanzieller Unternehmungen, mit Schiffbrüchen, Stürmen, Hungersnot, Schmetterlings- und Heuschreckenschwärmen u. s. w.; auch dort wird, da es sich um weit verbreitete Irrtümer handelt, darüber gesprochen werden müssen (vergl. Tl. III vorliegenden Werkes: Physik), und es werden auch die psychologischen Gründe eine kurze Erörterung finden, die dabei, wie in der Seismologie obwalten, hier aber nur gestreift werden mögen.

Die zahlreichen statistischen Übersichten über die Erdbeben einiger Gegenden, sowie über ganze Ländergebiete (Japan, Orient, England) wurden mit anderen Ereignissen verglichen und daraus bestimmte Schlüsse gezogen. So wurde die Frequenz der Erdbeben verglichen mit der Zeit des Auftretens, und zwar der Tageszeit nach, sowie den Monaten und Jahreszeiten nach; alsdann prüfte man an der Hand der Zahlen, die Tausende von Erdbeben umfassen, ob sich nicht bestimmte Perioden herausstellen, sei es daß in jedem Jahre bestimmte Häufigkeitsmaxima zu derselben Zeit sich wiederholen, sei es daß die Gesamtzahl nach dem Ablauf bestimmter Jahre immer wieder ein Maximum und Minimum aufweist. Diesen rein statistischen Aufstellungen schließen sich dann die Vergleiche mit anderen Naturveränderungen an, zunächst mit kosmischen: Mondwechsel (Phasen), Mondferne und -nähe, ebenso Sonnenferne und -nähe wurden mit den Häufigkeitszahlen verglichen, und ebenso suchte man durch Vergleich mit den Veränderungen terrestrischer Verhältnisse bestimmte Beziehungen festzustellen (das diesen Theorien widersprechende Material vergl. oben, S. 361, 388 ff.).

Hierher gehören also alle die Versuche, die Erdbeben in ursächlichen Zusammenhang zu bringen mit allen möglichen atmosphärischen Erscheinungen, Windstillen und Regen, elektrischen und optischen Erscheinungen, hoher Temperatur und Schneefall, Lebensäußerungen der Tiere (Unruhigwerden vor den Erdbeben) u. s. w. Bei Erwähnung der Erdbebenprognose wird Gelegenheit sein, auf einzelnes davon einzugehen.

Es ist klar, daß an und für sich eine große Anzahl von Ereignissen, wenn sie regelmäßig registriert werden und das eine seltener als das andere oder auffallender ist, ein Zusammenfallen oder einen nahe sich berührenden Verlauf haben müssen. Man erkennt dies deutlich, wenn man die politischen Ereignisse mit den Naturereignissen vergleicht, und gerade dadurch ist dann der Aberglaube entstanden, daß die Ereignisse in Zusammenhang stehen und der Kometenaberglaube und der astrologische Aberglaube konnten üppig emporwuchern, so daß zeitweise die größten Denker denselben teilten (vergl. Tl. III, Abt. 1: Astronomie); so sind denn auch die Erdbeben von jeher gefahrdrohende Vorzeichen für die Geschicke der Menschen gewesen, was um

so weniger auffallend erscheinen kann, da sie selbst schon oft vielen Tausenden in wenigen Augenblicken Verderben brachten.

Die Änderungen in der scheinbaren Stellung der Himmelskörper sind es vor allem, die hier in Betracht kommen und zwar spielen Sonne, der Mond und seine Phasen und die großen Planeten dabei eine Rolle. Die Himmelskörper können auf die Erde nur einwirken durch die Gravitation, Licht, Wärme und durch elektrische oder magnetische Einflüsse. Der Einfluß des Lichtes auf geodynamische Vorgänge ist nie klar ausgesprochen und die Wirkung der Ätherschwingungen auf Auslösung mechanischer Bewegungen ist bis jetzt noch nicht beobachtet, und doch hat man die Erdbebenzahlen mit den Tageszeiten verglichen und bald gefunden, daß bald in der Nacht, bald früh, bald nachmittags eine größere Häufigkeit stattfindet. Daß man für die Nacht oft größere Zahlen erhält, liegt darin, daß dann das Fehlen der Unruhe des Tages eine leichtere Beobachtung gestattet. Da aber Beobachtungen an den verschiedenen Orten, oder wenn man verschiedene Reihen von Beobachtungszeiten abgrenzt für denselben Ort, ganz verschiedene Resultate geben, so kann diese Statistik von vornherein nur als eine interessante Aufstellung betrachtet werden, Schlußfolgerungen aber nicht gestatten. Ist doch nur auf einem kleinen Teil der Erde eine registrierende Aufnahme der Bewegung des Festen möglich; Angaben dem Gefühl nach sind unsicher, da die schwachen Stöße nicht empfunden werden, und auch sonst die Beobachtung, die gar nicht auf Wahrnehmung einer bestimmten Veränderung gerichtet ist, durch Nebenumstände, wie die Verrichtungen des alltäglichen Lebens, beeinflußt ist.

Physikalisch müßte man, wenn eine regelmäßige Verteilung stattfände, die Wärmestrahlung heranziehen. Es liegen Beobachtungen vor, daß verschiedene Erwärmung der Oberfläche auch Verschiebungen der Teilchen in der festen Erdrinde hervorbringen kann (Beobachtung an den Pfeilern für Aufstellung der Fernrohre der Sternwarten, Beobachtungen an den Niveaus), es hat sich gezeigt, daß ein großer Teil der Pulsationen, wie sie an feinen Instrumenten beobachtet wurden, vielleicht durch Luftbewegung, die auf Temperaturdifferenzen zurückzuführen ist, sich erklären läßt, und die statistische Zusammenstellung der Erdbebenstöße den Jahreszeiten nach ergiebt für gewisse Erdbebengebiete die größte Häufigkeit im Sommer, für andere im Winter oder Frühling oder Herbst. Auch hier ändert die Zahl der Beobachtungsjahre das Resultat und die verbesserten Beobachtungsmethoden machen es leicht verständlich, daß die früheren Angaben mit den jetzigen überhaupt nicht direkt vergleichbar sind.

Bei der Wirkung der Himmelskörper kann die Attraktion eine Rolle mitspielen, die Sonnennähe, die Sonnenferne ergeben eine verschiedene Gravitationswirkung, die an den einzelnen Stellen der Erde, weil die Entfernung um zwei Erdhalbmesser differiert, auch merkbar wird. Bei der Sonne ist diese so gering, daß dadurch keine Verschiebung oder Spannungsauslösung stattfinden kann. Es wird diese Wirkung der Sonne denn auch meistens zu der Wirkung des Mondes, die wegen der Nähe viel stärker ist, addiert. Auch müßten sich solche Wirkungen der Sonne auf die Erde dadurch kund geben, daß irgend eine Periodicität der Erdbeben den Jahreszeiten nach stattfände,

was aber noch nicht beobachtet ist, überall findet man starke Abweichungen, und auch bei den stärkeren Erdbeben, die seit mehreren Jahrhunderten aufgezeichnet sind, ist nirgends eine Periodicität vorhanden. Wo eine solche hervortritt, muß oft über eine gewaltsame Verschiebung der Häufigkeitszahlen fortgegangen werden, um das angebliche Periodicitätsgesetz aufrecht zu erhalten. Überdies verlaufen die Perioden nicht gleich; man kann, — das ergiebt sich aus den Zusammenstellungen, die oben für Vulkane und Erdbeben gegeben sind, — wohl bestimmte Jahre höherer oder geringerer Erdbebenthätigkeit erkennen (ebenso auch bei der Thätigkeit des Vulkanismus), aber wirkliche Perioden ergeben sich nirgends. Auch spricht hier die Kürze der Zeit mit, seit welcher Erdbebenbeobachtungen gemacht werden. Die Perioden sind häufig mit den elfjährigen Sonnenfleckperioden verglichen, die bekanntlich auch Verschiebungen erleiden oder das Maximum nicht immer scharf für eine ganz bestimmte Zeit hervortreten lassen, ein Vergleich, der je nach den gewählten Häufigkeitszahlen bald negatives, bald positives Resultat haben wird, d. h. es wird die größte Erdbebenhäufigkeit an manchen Orten mit dem Fleckenmaximum, für andere Gegenden mit dem Fleckenminimum zusammenfallen. Eine graphische Zusammenstellung in Kurvenform für Zahl der Sonnenflecke und Erdbeben in verschiedenen Gegenden würde zeigen, daß das Zusammenfallen wechselt. Überhaupt aber ist nicht einzusehen, wie die größere oder geringere Sonnenfleckenzahl auf die Erdbebenentstehung wirken soll.

Wie bei allen Naturerscheinungen hat man gemeint, daß der Mond mit seinen Phasen einen Einfluß haben müsse. Die Anschauung der Menschen ist in dieser Beziehung eine so festgewurzelte, daß alle Gegenbeweise fruchtlos bleiben, — es wirkt hier eben die Vorstellung, daß der Wechsel der Dinge auf der Erde mit dem am deutlichsten wahrnehmbaren Wechsel in der Welt der Gestirne irgendwie mystisch zusammenhängen müßte; der Mondaberglaube ist ein lehrreicher Abschnitt der Geschichte des Aberglaubens. Prüft man diesen Einfluß, so kann wiederum nur Gravitation, Licht, Wärme, Elektricität wirken. Was letztere anbetrifft, so sind Nachweise, daß elektrische Wellen, welche sich von den anderen Himmelskörpern zur Erde fortpflanzen, bestimmte Erscheinungen (zunächst elektrische und magnetische) hervorbringen, noch nicht sicher gegeben und sie scheiden daher für unsere Betrachtungen hier aus. Die Wirkungen der kosmischen Elektricität sind noch unbekannt; auch ist es ebenso wenig der Erkenntnis förderlich, die elektrische Ladung der Erde und der Luft nur in kosmischen Ursachen zu suchen.

Wärme und Lichtänderung bei den Mondphasen spielen keine Rolle, also auch hier bleibt nur die Gravitation, die mit dem Perigäum und Apogäum sich ändert, ebenso wie durch den gleichzeitigen Einfluß der Sonne bei den Phasenstellungen des Mondes.

Man hat Tausende von Erdbeben mit den Mondphasen verglichen (Perrey), hat die Vergleichung lokal für die einzelnen Gegenden oder alle bekannten Beobachtungen auf der Erde zusammenfassend generell gemacht, ohne daß nur eine durchgreifende Beziehung regelmäßig hervorgetreten wäre. Quadraturen und Syzygien verhalten sich gleich und entgegengesetzt, in manchen Fällen zeigen die Mondphasen auch gar kein auffallendes Zusammen-

fallen mit den Frequenzzahlen der Erdbeben, so daß der Ausspruch gerechtfertigt erscheint, daß bisher ein Zusammenhang zwischen Mondphasen und Erdbeben nicht existiert (Belege vergl. oben, S. 390).

Doch wie kann die Gravitation wirken? in zweierlei Weise: Die Teilchen der festen Erdrinde sind sehr schwer verschiebbar, daher kann durch Bewegung derselben die Ungleichmäßigkeit, welche in der Gravitation der Erde an der Oberfläche entsteht, nicht durch eine Hinbewegung nach dem Orte, wo die Gravitation schwächer oder stärker geworden ist, durch Anziehung von Sonne und Mond, ausgeglichen werden (vergl. Tl. III. Astronomie: Ebbe und Flut), sondern es könnte nur eine Neigung zur Verschiebung, eine Spannung in den Schichten hervorgebracht werden. Folgt eine auslösende Kraft, so tritt ein Erdbeben ein, die verschieden gespannten Schichten werden sich leichter verschieben, als wenn dieser Einfluß nicht stattgefunden hätte. In dieser Weise würde sich der Einfluß der Himmelskörper auf die Entstehung der Erdbeben erklären, aber auch darthun, weshalb von einer Regelmäßigkeit einer Wirkung an allen Stellen der Erde nicht die Rede sein kann. In sehr kompakten, festgelagerten Schichten (Granit, Gneis der großen Länderstrecken Nordeuropas und Nordamerikas) werden so geringe Spannungsdifferenzen nie einen Einfluß haben, während es bei anderen Schichten möglich, wenn auch nicht wahrscheinlich ist, da der Wert der wirkenden Kraft ein außerordentlich geringer ist.

Weit bedeutender würde die Wirkung der Himmelskörper sein, wenn man annimmt, daß das Erdinnere in einem feurig-flüssigen Zustande ist, so daß in diesem Magma Ebbe und Flut, ähnlich wie bei den Oceanen, durch die von den Himmelskörpern veränderten Anziehungsverhältnisse des Erdinnern hervorgebracht würden. Diese Fluttheorie ist besonders durch Falb bekannt geworden, der sie dann auch zur Erdbebenvorhersagung (Prognose) benutzt hat und später bei seinen „kritischen Tagen" für alle auffallenden Erscheinungen auf der Erdoberfläche verwendete. Die Erdbeben würden hiernach entstehen durch einen stärkeren Druck des Magmas gegen die feste Erdrinde, wodurch auch Loslösungen, Verschiebungen, Absperrung von Gasmengen unter hohem Druck u. s. w. erfolgen könnten.

Was zunächst die physikalischen Grundlagen der Theorie anbetrifft, so ist die Hypothese des feurig-flüssigen Erdinnern durchaus nicht erwiesen, aber selbst diese angenommen, spricht zunächst dagegen, daß der Grad des Flüssigseins (Viskosität) gar nicht berücksichtigt wird; bei einer zähflüssigen Masse etwa in Form eines feurig-flüssigen Breis wird eine Ebbung und Flutung kaum möglich sein, ein leichtflüssiger Zustand ist nicht wahrscheinlich, da eine scharfe Begrenzung zwischen dem Fest und Flüssig nicht vorhanden sein wird, wie die Theorie überhaupt keinen Anhalt über das Zustandekommen solcher Flutwelle ergiebt. Außerdem aber ist die wirkende Kraft eine so außerordentlich geringe, daß die Ebbung und Flutung nur wenige Millimeter betragen würde. Laplace hatte für den Luftocean, für den man nach Analogie mit dem Wasserocean eine Gezeitenbewegung (Ebbe, Flut) annehmen konnte, die sich durch Änderungen im Barometerstand kundgeben müßte, die Größe der Differenz in der Quecksilbersäule des Barometers berechnet und die sehr geringe Zahl

0,25‴ gefunden, später fand er 0,2795‴ am Äquator[1]), die sich bei der Lava (spez. Gew. 2,4) ungefähr verfünffachen würde. Die dadurch hervorgebrachten Wirkungen sind aber nicht ausreichend, um die Entstehung der Erdbeben zu erklären.

Der Hauptstützpunkt der Theorie wurde aber in der Statistik gesucht; aber auch hier versagt dieselbe. Man mußte schon den Tag vor dem eigentlichen Erdbebentage und den nach demselben hinzunehmen, um ein Zusammenfallen der kritischen Tage mit dem Erdbeben herauszubekommen. Die kritischen Tage waren diejenigen, an denen der Einfluß des Mondes, der Sonne und der Planeten in demselben Sinne oder nach der Nähe der Himmelskörper besonders stark sein müßte. Bei der Häufigkeit der Erdbeben traf es natürlich zu, daß einzelne Erdbeben auf diese Tage fielen, und das galt als eine Vorhersagung, während man alle die vorhergesagten Termine, an welchen solche Ereignisse nicht eintraten, ignorierte. Dabei war es gleich, ob die Erdbeben in Europa und Amerika, oder an einer anderen Stelle der Erde stattfanden; in Amerika z. B. bewährte sich die Prognose, die auf bestimmte Orte gestellt wurde, so schlecht, daß sie vollständig den Glauben verlor. Bei jedem Eintreffen eines solchen Zusammenfalles wurde dann in weiten Kreisen darauf hingewiesen, und viele sahen in dem einzelnen Zusammentreffen einen ausreichenden Beweis für die Richtigkeit der Theorie; dieselbe hat außer in Deutschland keine Anhänger gefunden und ist auch wissenschaftlich hier wiederholt nach strenger Methode widerlegt worden[2]).

Wäre sie richtig, so müßte doch wenigstens an einer Stelle der Erde regelmäßig ein stärkeres Erdbeben stattfinden, die betreffenden Zeiten müßten sich irgendwie abheben, was aber nirgends der Fall ist. Daß die Theorie, ähnlich wie die Wettertheorien Falbs, so viel Anhänger in Deutschland finden konnte, liegt eben darin, daß er jedem seltenen Zusammentreffen eine beweisende Kraft zuschrieb und meinte, daß in den Fällen des Nichtzusammentreffens ein anderer unbekannter Grund das Gesetz gestört habe. Auch wirkte die Neigung der Menschen mit, anzunehmen, daß, wenn einmal zwei Veränderungen gleichzeitig stattgefunden haben, dies dann immer geschehen müsse, und daß eine dieser Veränderungen die Ursache der anderen sei.

Daraus erklären sich auch die Theorien, welche den Zusammenhang mit atmosphärischen Erscheinungen, Barometerdruck-(Luftdruck-)änderungen, Regenfall, Wind, zu grunde legen (exogene Theorien). Die Änderungen des Barometerdruckes hat man namentlich zur Erklärung der Pulsationen herangezogen (vergl. a. a. Orte), — es soll danach die feste Erdrinde durch Luftdruckveränderungen in eine ähnliche, nur viel unmerklichere Hebungs- und Senkungsbewegung versetzt werden, wie sie bei den Landseen in den Seiches (vergl. Seen) beobachtet ist. Die Statistik über Erdbeben und Luftdruck giebt keinen Anhalt. Der Regenfall könnte zu weiteren Aushöhlungen oder auch zu Schurrungen in der Erdrinde führen. Daß heftige Winde eine Erschütterung

[1]) Nach Beobachtungen ergab sich: 9h morgens 0,801 mm, des nachmittags 3h 1 mm.
[2]) Vergl. Hörnes: „Die Erdbebentheorie Rudolf Falbs und ihre wissenschaftliche Grundlage“, Wien 1881.

der obersten Erdrinde bewirken, ist bekannt, ebenso wie daß hohe Türme und Gebäude durch den Winddruck in eine vibrierende, oft merklich schwingende Bewegung versetzt werden. Die Erdbebenmesser registrieren solche Bewegungen genau, sie mußten deshalb vor ihnen geschützt werden. Diese Bewegungen sind aber von den eigentlichen Erdbebenbewegungen gänzlich verschieden; sie können zu Täuschungen Veranlassung geben, ebenso wie die Erschütterungen, die durch Artilleriefeuer, durch Transport schwerer Massen u. s. w. hervorgebracht werden, und viele Erdbebennachrichten sind auf solche Ursachen zurückgeführt (falsche Erdbeben, wahre Erdbeben, vergl. oben).

Von den übrigen Theorien, die wirklich zur Erklärung gewisser Erdbeben dienen können, sei die hydrodynamische, die mit der Einsturztheorie zusammenhängt, hervorgehoben. Unterirdische Wasserläufe, heiße Quellen erweitern Hohlräume, so daß Einstürze erfolgen, die Erderschütterungen nach sich ziehen (Ischia; Erdbeben in Krain).

Die vulkanischen Erdbeben haben eine naturgemäße Erklärung gefunden, dieser schließt sich die Erklärung von Erdbeben infolge Explosionen an. Die meisten Erdbeben erklären sich aus den tektonischen Verhältnissen, den Verhältnissen der Lagerung, bei der auch heute noch Verschiebungen stattfinden. Nachgewiesen ist die größere Häufigkeit und Wahrscheinlichkeit der Erdbeben an den sogenannten Bruchstellen. Je weiter die Erdrinde geologisch erforscht wird, je mehr werden diese Stellen bekannt. Im einzelnen haben sich diese Bruch- und Stoßlinien schon vielfach feststellen lassen (Österreich u. s. w.), und so erklärt sich die Mehrzahl der Erderschütterungen aus den geodynamischen Verhältnissen; die Erde ist noch nicht fest, die Schichten sind nicht unverschiebbar, die gebirgsbildenden Kräfte wirken auch heute noch.

Alles dieses näher zu verfolgen, ist nicht möglich; eine Zusammenstellung der Theorien, deren Wert oder Unwert sich aus den mitgeteilten Thatsachen leicht ergeben dürfte, mag hier folgen.

Übersicht über die Theorien.

I. Theorien, aufgebaut auf dem Zusammentreffen der Erdbeben mit anderen, exogenen Erscheinungen (Grundlage: die Statistik).

a. Kosmische Theorien (Phasentheorie, Fluttheorie).

b. Meteorologische Theorien (Luftdrucktheorie, Niederschlags-, Windtheorien).

II. Endogene Theorien (sie nehmen als Ursache einen in der Erdrinde stattfindenden Vorgang an).

a. Hydrodynamische Theorien (Quellentheorie, Auswaschungs- und Lösungswirkungen; Einsturzerdbeben).

b. Elektrische Theorien (wenig ausgebildet).

c. Geodynamische Theorien:

α) tektonische Theorie (Theorie der Schichtenspannung),

β) vulkanische Theorie (früher Dampf-Explosionstheorie),

γ) Krystallisationstheorie.

III. Willkürliche, abergläubische Theorien. Ursachen: unterirdische Gewitter, Vulkanausbrüche in Hohlräumen der Erde, Riesentiere.

Bemerkungen dazu.

Von diesen Theorien sind auch die hydrodynamischen wieder in neuerer Zeit nach anderer Richtung in den Vordergrund gerückt. Einmal können die unterirdischen Gewässer Schichten lockern und so bewirken, daß Sackungen stattfinden, ohne daß gerade Hohlräume zu entstehen brauchen, die Einstürze nach sich ziehen können. Namentlich an Flußmündungen (Donau-, Ganges-, Brahmaputramündung; Erdbeben von Komorn und an der Raab) können die Änderungen der Sedimentschichten auch dadurch bewirkt werden, daß die sich auflagernden Schichten einen starken Druck herbeiführen, so daß das Absinken einer äußeren festen Schicht auf mit Grundwasser durchtränkte tiefere Lagen der jüngsten Gebilde Erdbebenerscheinungen zeitigt, — das auf den Deltamündungen oft beobachtete Emporquellen, ja Herausschleudern von Schlammwasser spricht für solche Vorgänge. Schon im Altertume wurde dem Austrocknen der Schichten eine wichtige Rolle zugeschrieben (Anaximenes), ebenso der Auswaschung (Demokrit), also Annahmen, die jetzigen entsprechen, und es hängen so diese Theorien mit den obigen zusammen, bei welchen als Ursache der Erdbeben die Pressungen der oberen Sedimentschichten angesehen werden können. Die Quellentheorie gehört ebenfalls hierher (Ischia).

Die **elektrische** Theorie ist eine der ältesten der Neuzeit und entstand, als man die Entladungswirkungen der Elektricität im 18. Jahrhundert kennen lernte; die Erdbeben sollten durch Erschütterungsschläge wie von einer Leydener Flasche entstehen; als Beläge derselben seien Wasserbehälter von Schwefel und Pech umschlossen anzusehen. Noch andere nehmen an, daß sie durch Erschütterungsschläge bei Entladung der Erdelektricität nach den Wolken verursacht würden, ging man doch so weit, Erdbebenableiter (paratremblements de terre), ähnlich den Blitzableitern vorzuschlagen. Es sollten lange eiserne Stangen mit Spitzen versehen tief in den Erdboden der Erdbebengebiete getrieben werden, und so, hoffte man, würde Erdbebenschutz eintreten. Jetzt modelt man die elektrische Theorie nach den heutigen Kenntnissen der Elektricitätslehre um, indem man Spannungsdifferenzen, Erdströme, beeinflußt von den Gestirnen und elektrischen Induktionserscheinungen (elektrischen Wellen) heranzieht, alles wieder Beweise, wie das Fremdartige, Phantasievolle der Wissenschaft schadet. Im Altertume glaubte man, daß Brunnen eine Stadt zu schützen vermögen (Capua). Bei den elektrischen Theorien griff man zu Blitzableitern und Stäben, die den Ausgleich zwischen Luft- und Erdelektricität veranlassen sollten; ferner glaubte man an bestimmte geschützte Orte, wie der Artemistempel, aber auch Kellerlöcher sollten Erdbebenschutz gewähren. Die Ursachen, die thatsächlich nachgewiesen sind, geotektonische Verhältnisse, Ausfüllung von Höhlungen und Vulkanismus reichen zur Erklärung der meisten Erdbeben aus und diese zu studieren und näher kennen zu lernen, ist die Hauptaufgabe der Seismologie.

Die Prognosen werden nun solchen Theorien nach gegeben; eine wissenschaftliche Prognose giebt es nicht, die übrigen Annahmen beruhen auf jenem Irrtum der Menschen, Erscheinungen, welche das eine oder andere Mal aufeinander folgten, als Ursache und Wirkung anzusehen, so daß fast alle

meteorologischen Erscheinungen (Trockenheit, Regen, Schneefall u. s. w.), das Gebaren der Tiere, herangezogen sind.

Die Theorie der Verschiebung des Schwerpunktes einer Gegend durch Massenänderung und -verschiebung kann an die hydrodynamischen angeknüpft, aber auch besonders behandelt werden, und zur Theorie der vulkanischen Erdbeben gehören alle, welche die Theorien des Vulkanismus zu Hülfe nehmen (Dampf — Gasexplosionen, Chemismus, z. B. Berührung von Wasser mit Kalium oder Natrium, Bildung von Schwefeleisen), wogegen man wieder vereinzelte Ursachen als Abteilung zusammenfassen könnte, z. B. Windbeben, die durch Wirbelwinde oder Winddruck hervorgebracht werden (epichthon), oder dadurch, daß bei starken Orkanen das Aufsteigen des flüssigen Erdinnern lokal erleichtert ist durch den geringen Druck (hypochthon).

„Alle an der Erdoberfläche bemerkbaren seismischen Erscheinungen, so schreibt Gerland[1]), sind Elasticitätserscheinungen, Vorgänge oder Wirkungen des elastischen Verhaltens der Erdrinde (Haltmachen der Erdbeben vor Gebirgen und Flüssen). Diese Erscheinungen sind durch atmosphärische, kosmische und besonders subterrane tellurische Kräfte veranlaßt. — Die Erdpulsationen sind noch nicht aufgeklärt, die Tremors nur zum Teil. Die den lokalen Erdbeben vorauseilenden oft unfühlbar kleinen Wellen sind wohl sekundär entstandene Longitudinalwellen. Die seismischen Oberflächenwellen pflanzen sich nicht an der obersten Fläche der Erde fort, sondern in etwas tieferen Schichten. Die Wellen, die zur obersten Erdfläche kommen, steigen senkrecht von jenen Tiefen auf, oft nur als Ausläufer ohne große Kraft. Schall und Geräusche bei den Erdbeben entstehen durch die austretenden Wellen. Die Art der Welle kann sich während des Ganges ändern, es giebt keine Wellen, welche als selbständige Schallwellen sich durch die Erde bewegen. Erdbeben- und Schallwellen fallen im festen Material zusammen."

„Die Ursachen der Erdbeben sind in der Thätigkeit des Erdinnern zu suchen, wahrscheinlich in der Übergangszone aus dem gasförmigen in den flüssigen und aus dem flüssigen in den festen Zustand; Erdbeben, durch geotektonische Vorgänge veranlaßt, können nur unbedeutend und lokal sein. Die Erdbebenthätigkeit steht in keinem Zusammenhange mit der Bildung der Gebirge oder der Senkungsfelder der Erde. Bruchlinien begünstigen die Erdbeben nur durch Druckerleichterung. Oberirdisches Wasser hat keinen Einfluß auf die seismischen Erscheinungen."

Bei vielen dieser vorstehend aufgezählten Theorien tritt als psychologische Erklärung dafür die Thatsache hervor, daß viele die Erscheinungen, welche auf der Erde wahrgenommen wurden, auf die inneren Vorgänge in derselben übertragen, nach dem Gedankengange, was hier Ursache von Erschütterungen ist, kann oder muß dort Ähnliches wirken. Die Krystallisationstheorie, die mit der Expansionstheorie zusammenfällt, geht von der Thatsache aus, daß beim Übergange vom flüssigen in den festen Aggregatzustand Änderungen der Volumverhältnisse stattfinden und daß solche Volumveränderungen Hohlräume, Druck (bei Expansion) u. s. w. hervorbringen und zu Erschütterungen

[1]) Stand der Erdbebenforschung, Globus 1897, 184.

Veranlassung geben können, zumal wenn sie mit hochgespannten Gasen und Dämpfen gefüllt sind.

So fehlen denn bei den Erdbeben Theorien, die alle befriedigen; ist man doch in neuester Zeit vielfach zu den bequemsten zurückgekehrt, und es geben einige nicht einmal zu, daß der Gebirgsbau und die Verschiebungen in denselben die Hauptursachen sind.

4. Heiße Quellen und Geiser.

Die Wasseransammlungen, welche in kleineren Mengen aus den obersten Bodenschichten herausdringen, führen den Namen Quellen (vergl. später: Wirkungen des Wassers); ein Teil derselben ist künstlich erbohrt (Bohrquellen, vergl. oben S. 305), und schon die dabei beobachteten Thatsachen zeigen uns, daß die Temperatur der Quellen an der Erdoberfläche veränderlich ist, — wenn sie aus größerer Tiefe kommen, aber höher, als bei geringerer Tiefe. Während bei den Oberflächenquellen die Temperatur nach der Lage des Ortes verschieden ist (Umeå, Schweden, 2,9°, Rigi Kaltbad, 6,3°, Hochthor, Rauris 1,9°, Manila 21°) und sich mit den Jahreszeiten ändert, so ist dies bei den Tiefquellen nicht der Fall; ihre Temperatur ist von der Temperatur der oberen Bodenschichten unabhängig. Die Quellen, welche in der Sahara erbohrt sind, haben ihre eigene, von der Umgebung unabhängige Temperatur, und ebenso die Quellen, welche aus den tieferen Spalten der Gegenden mit kaltem Boden (Sibirien) hervordringen; sie gehören zu den heißen Quellen, welche auch Thermen genannt werden, wenn sie Heilzwecken dienen. Vielfach allerdings bezeichnet man nur solche Quellen mit diesem Namen, deren Temperatur wirklich als hohe wahrgenommen wird und ungefähr 25° C. übertrifft.

Die Temperatur dieser Quellen ist sehr verschieden, Warmbrunn 40° C., Trincheras in Venezuela 97°, Uvortok in Grönland 39°; sie finden sich hiernach also in allen Gegenden der Erde und sind unabhängig von den vulkanischen Gebieten, wie in Südafrika (aus Sandsteinschichten) und Algier (Brunnen von Hamman-Meskutin).

Freilich sind oft auch ehemals und noch thätige vulkanische Gebiete reich an heißen Quellen, so auf Island, auf den nördlichen Inseln von Neuseeland, oder in Deutschland das Rheingebiet in der Eifel und im rheinischen Schiefergebirge, im nordwestlichen Böhmen (Karlsbad, Franzensbad, Marienbad), in Frankreich die heißen Quellen von Vichy 41,8° (Auvergne). — Besonders reich an heißen Quellen sind die Pyrenäen, man zählt dort 500 Heilquellen mit 239 Thermen (Bagnères de Bigorre, de Luchon, Barèges u. s. w.).

In einigen Fällen findet man Ausströmungen von Wasserdampf und heißem Wasser; diese Quellen können als Bindeglied zwischen den Solfataren, den letzten Spuren erlöschender vulkanischer Thätigkeit, und den heißen Quellen gelten, wie die Suffioni in Toskana bei Castelnuovo, wo der geringe Borsäuregehalt (vergl. S. 314) zur industriellen Verwertung solcher Quellen geführt hatte. Jedenfalls zeigen die heißen Quellen, daß in den tieferen Schichten,

denen sie entstammen, eine höhere Eigentemperatur der Erde vorhanden sein muß. Sie entstehen dadurch, daß Wasser aus größeren Tiefen, wo es erwärmt ist, durch Spalten hervorgedrängt wird, sei es durch hydrostatischen, sei es durch Dampfdruck.

Da dies Wasser mit verschiedenen Schichten in Berührung kommt und eine höhere Temperatur besitzt, wird es eine große lösende Kraft auf die benachbarten Gesteine ausüben und wird außerdem Umsetzungen bewirken können, so daß der Gehalt an mineralischen Stoffen, die in den Thermen gelöst sind, außerordentlich verschieden ist, sowohl der Qualität als der Quantität nach.

Heiße Quellen, die Gesteine passierten, die nur schwer lösliche Bestandteile enthalten, werden daher fast frei von festen gelösten Substanzen sein, wie die Wasser von Gastein und Pfäffers, während andere so viel von festen Substanzen gelöst enthalten, daß sofort eine Inkrustierung erfolgt, wie bei den Karlsbader Quellen mit kohlensaurem Kalk (Kalksinter) und den isländischen Springquellen (Geisern) mit Kieselsäure (Kieselsinter).

Ihre Wirkung wird daher ähnlich wie die der gewöhnlichen Quellen sein, nur stärker, intensiver, und da sie besonders in vulkanischen Gegenden vorkommen, deren Gesteine anders sind, als die gewöhnlichen (oft leichter zersetzbar und dann löslich), können sie im Erdinnern Aushöhlungen hervorbringen, die nach einzelnen Veranlassung zu Erdbeben geben sollen; — so wurde der Theorie nach das Erdbeben von Ischia (1883) auf die Aushöhlungen durch die heißen Quellen der Insel zurückgeführt (vergl. Erdbeben, S. 410).

Man kann die Thermen nach ihrem Gehalte an festen Stoffen einteilen in Thermen mit geringem Gehalt an festen Substanzen (Pfäffers 37,5°, Gastein 46,25°, Wildbad 34° bis 37,11°), Schwefelthermen, heiße Quellen, die Schwefelwasserstoff gelöst enthalten (Aachen 55 bis 65°, Warmbrunn, Burtscheid 77,5°), oder mit Schwefelalkalien (Eaux-Chaudes), Kalkthermen (Karlsbad [Sprudelstein, Erbsenstein] 75°, und die meisten Geiser in Nordamerika [Nationalpark]), Kieselsäurethermen (Geiser in Island und einige des Nationalparks) und die häufigsten: Alkalithermen mit Gehalt an Kochsalz, schwefelsaurem Natron, schwefelsaurem Kalk u. s. w. (Bath in England 46,25°, Teplitz 24,48°, Wiesbaden 70°). Natürlich kommen auch Übergänge vor, wie Warasdin-Teplitz in Ungarn 56°, eine Therme, die sehr viel verschiedene Substanzen in großen Mengen gelöst enthält (vergl. unten). Spuren organischer Substanzen finden sich fast überall, viele enthalten auch besondere Substanzen. Es muß indes hervorgehoben werden, daß sowohl die Temperatur der Quellen wie auch die Zusammensetzung Schwankungen in geringem Grade unterworfen sind, die keine Gesetzmäßigkeit erkennen lassen. Auch der Wasserreichtum der Quellen ist sehr verschieden. Einige geben täglich $1^1/_2$ Millionen Liter (Cauterets), andere kaum ausreichend für den Bedarf; öfters ändert sich der Wasserreichtum nach besonderen Phänomenen, wie nach Erdbeben. Das Erdbeben von Lissabon 1755 war an dem Verhalten einiger Thermen Deutschlands und Böhmens wahrnehmbar.

Geiser, Geysire, Springquellen. Nach der Art und Weise, wie die Quellen hervortreten, kann man sie einteilen in konstante Quellen, Sprudelquellen, und Geiser oder intermittierende Quellen; die meisten gehören der ersten Gruppe an, ein charakteristisches Beispiel für die zweite Gruppe ist der Karlsbader Sprudel, dessen Höhe im Laufe der Zeit von 2 m auf 1 m gesunken ist; die Geiser (Gruppe 3) sind hauptsächlich auf drei Gebiete beschränkt: Island auf dem Barnafjell (200 Quellen; der große Geiser, der Strokr oder Struckr), auf Wyoming im Quellgebiete des Yellowstone und Firehole-River (ca. 1000 Springquellen); das dritte großartige Gebiet von Neuseeland (Tetarataquellen mit den herrlichen Terrassen am Rotomahanasee) wurde bei dem Ausbruch des Taraweravulkans 1886 zum Teil zerstört und umgeändert und wird sich erst in Zukunft vielleicht wieder so gestalten, wie es früher war. Schließlich mag noch auf das wenig erforschte, sehr hoch gelegene Geisergebiet am Tangai Nor (Tibet) hingewiesen werden.

Die eigentlichen Geiser sind also durch die zeitweisen, oft zu regelmäßigen Terminen wiederkehrenden Eruptionen von heißem Wasser und begleitendem Wasserdampf gekennzeichnet. Die schwach ansteigende kraterähnliche Erhebung aus Sinter (gewöhnlich Kalksinter), von rauher Oberfläche ist mit einem kleinen See oft von tiefblauer Farbe gefüllt. Vor den Eruptionen steigt das Wasser etwas, einzelne Dampfblasen steigen empor und plötzlich wird eine Wasser- und Dampfsäule bis zu 30 m Höhe emporgeschleudert, dann sinkt nach kurzer Zeit das Wasser zurück, das Wasser im Becken senkt sich etwas und nach bestimmter Zeit beginnt das Spiel aufs neue.

Die isländischen Geiser und ebenso die neuseeländischen setzen hauptsächlich Kieselsinter ab; die amerikanischen (White mountain springs) weisen sowohl Kiesel- als Kalksinter auf, und enthalten auch Schwefelverbindungen. Manche setzen Quantitäten von Eisenoxyd ab, wodurch dann sehr schön aussehende Krater entstehen; an sonstigen Bestandteilen führen die Geiser hauptsächlich Natronsalze. Die Höhe, bis zu welcher das Wasser geschleudert wird, ist verschieden, bis 70 m und darüber (beim Giant Geiser, Amerika, täglich, beim Old Faithful Geiser, ebendaselbst, stündlich). Das Wasser zeigt an der Oberfläche 85 bis 90° C., mit der Tiefe nimmt die Temperatur zu. Die kegelartigen Erhebungen, in denen die kraterähnlichen Öffnungen liegen, können auch fehlen wie beim Strokr auf Island. Unter den Geisern der Rocky mountains finden sich ferner Becken, ähnlich wie bei den Schlammvulkanen, aus denen Blasen emporsteigen und unter Puffen den Schlamm bis über 6 m hoch schleudern (vergl. unten S. 423). Auch findet sich hier noch eine dritte Art von Geisern, Becken mit kochendem Wasser, aus denen die stärkeren Dampfblasen das Wasser in kleineren Mengen sehr häufig 1,5 bis 2 m hoch schleudern.

Die Geisereruptionen sind wohl auf verschiedene Ursachen zurückzuführen. Eine Annahme geht dahin, daß im Innern der mit Geiserquellen besäten Gegend Hohlräume sich befänden; in diesen sollte Wasserdampf angesammelt und dieser nach und nach so stark erwärmt werden sowie dadurch eine so große Spannung erhalten, daß die nach oben absperrende Wassersäule emporgeschleudert werde.

Daß auf diese Weise in der That regelmäßige Eruptionen entstehen können, ersieht man leicht, wenn man Wasserdampf von wenig hoher Spannung auf eine in einem geschlossenen Gefäß befindliche Wassermenge wirken läßt, die dann durch eine in die Luft führende Röhre emporgeschleudert wird.

Für andere Fälle gilt Bunsens Erklärung, begründet durch Temperaturmessungen im Innern des großen Geisers auf Island. Das Wasser am Boden der Geiserröhre wird nach und nach über seinen Siedepunkt erwärmt, was durch die darauf lastende Wassersäule ermöglicht wird. Ist der Kanal nach oben erweitert, so werden die Spannkräfte der in den unteren Teilen entwickelten Dämpfe die Wassersäule von einer bestimmten Stelle an hoch treiben; das schon über den Siedepunkt für gewöhnlichen Druck erhitzte Wasser wird sich sofort in Dampf verwandeln, es erfolgt eine Eruption, indem das oben stehende kältere Wasser mit hochgeschleudert wird.

Es ist gelungen, das Geiserphänomen in verschiedenen Weisen nachzuahmen, die im wesentlichen an die beiden Erklärungsarten anschließen, wie auch die übrigen Erklärungsversuche mit den obigen im nahen Zusammenhange stehen.

Da diese Quellen seit Jahrhunderten und Jahrtausenden wirken, sind sie imstande gewesen, lokal große Veränderungen hervorzubringen, während allgemeinere Veränderungen durch sie nicht stattfinden können.

Außer den beiden Haupterklärungen giebt es noch eine große Zahl anderer, wobei hervorgehoben werden mag, daß geiserähnliche Erscheinungen (Springquellen) auch durch Druck eines fremden Gases (Kohlensäure) hervorgebracht werden, wie die Springquelle von Rank-Herlein in Oberungarn zeigt, und die von Montrond in Frankreich, wo Kohlenwasserstoffgas das bewegende Agens ist. Auch sind die Petroleumspringquellen in Pennsylvanien und bei Baku durch den Überdruck des Kohlenwasserstoffgases veranlaßt (vergl. Gasquellen, vergl. unten S. 425). Hervorgehoben mag werden, daß auch Deutschland eine intermittierende Springquelle besitzt, bei Eichberg in der Nähe von Münden a. d. W.

Eine ausführliche Schilderung des Phänomens gehört in das Gebiet der physikalischen Geographie; einige neue Abbildungen mögen eine Vorstellung von der Großartigkeit und Fremdartigkeit des Phänomens geben.

Nach allem aber ist die Schlußfolgerung gerechtfertigt:

Die heißen Quellen beweisen das Vorhandensein einer erhöhten hohen Temperatur im Erdinnern an allen Stellen der Erde.

Die heißen Quellen wirken umändernd und umgestaltend auf unsere Erdrinde durch die ungeheure Menge von Absätzen, die ganze Hügel, ganze Schichten zu bilden vermögen. Karlsbad steht auf einer Decke von Sprudelstein, in Neuseeland sind beckenartige Terrassen durch den Kieselsinter gebildet, die Quelle von Warasdin-Teplitz (56° C. Kroatien) hat seit circa 1800 Jahren 4000 Millionen Kilogramm Mineralsubstanzen geliefert (gleich einem Würfel von ungefähr 140 m Seitenlänge).

Anhang zum Abschnitt heiße Quellen.

1. Der Nationalpark im Yellowstonegebiet
(Vereinigte Staaten, Wyoming und Montana)[1].

Dieses Gebiet heißer Quellen wurde 1871 durch F. V. Hayden[2]) der Wissenschaft erschlossen. Es umfaßt 168,15 deutsche Quadratmeilen (9500 qkm, also ungefähr so groß wie Großherzogtum Oldenburg und Mecklenburg-Strelitz oder wie Elsaß-Lothringen), und liegt durchschnittlich 1800 bis 3000 m über dem Meere; die Gegend ist durchweg vulkanisch, zum Teil mit schönen Koniferenwaldungen bedeckt und von 3000 bis 3900 m hohen, zum Teil schneebedeckten Bergen umgürtet. Gewitter und Stürme sind selten, die Temperatur sinkt oft auf — 4° C. und es ist kein Monat des Jahres frei von Frost. Die Scenerie, namentlich die am Yellowstone-Lake, wird als eine herrliche geschildert, den Quellen eine Verwendbarkeit als Thermen zugeschrieben, so daß vielleicht Luxusbäder sich dort erheben werden.

Man kann im ganzen folgende Hauptdistrikte unterscheiden: 1) im Yellowstonegebiet: die White mountain hotsprings am Gardiner-River; 2) die Schwefel- und Schlammquellen der Crater-Hills zwischen den Yellowstonefalls und dem -Lake (vergl. Schlammvulkane S. 422); 3) Quellen am Yellowstonesee (im SW und NO); 4) das Becken des Madisonflusses, das untere Geiserbecken; 5) das obere Geiserbecken (Old Faithful Geiser). Madison und Yellowstone sind Nebenflüsse des Missouri. Einer der höchsten Punkte ist der Washburne-Berg, 3340 m hoch.

Die Quellen zählen nach Tausenden; der Yellowstonesee selbst hat kaltes Wasser. Die Quellen sind zum Teil kieselsäure-, zum Teil kalkhaltig; man kann sie auch in intermittierende und sprudelnde (ähnlich wie Karlsbader Sprudel) teilen, die ersteren haben während des Ausbruchs eine höhere Temperatur, als der Siedepunkt ist, in den Zwischenzeiten 65,5° C.; die Sprudel haben ungefähr Siedetemperatur und werfen in regelmäßigen Pulsationen das Wasser $1^1/_2$ bis 2 m hoch. Außerdem giebt es erloschene Geiser oder Geiser, die in heiße Quellen übergegangen sind (Temperatur 80 bis 180° F. gleich 25,6 bis 82° C.), sie setzen oft große Quantitäten von Eisenhydroxyd ab, das zu intensiven Färbungen Veranlassung giebt.

Das ganze Gebiet zeigt überdies eine starke Entwickelung von Thermal-

[1]) Die Untersuchungen des Gebietes des Nationalparks haben ergeben, daß auch das Geiserphänomen, wie es so oft bei Naturerscheinungen äußerlich ähnlichen Charakters (z. B. bei den verschiedenen Nordlichterscheinungen) der Fall, nicht einheitlich erklärt werden kann.

[2]) Das Originalwerk über Haydens Entdeckung: Der Yellowstone Nationalpark, die heißen Quellen anderer Länder und Beschreibung der Lokalitäten erschien als XII. jährlicher Bericht über die geologischen und geographischen Landesaufnahmen der Territorien der Vereinigten Staaten und umfaßt 503 Seiten mit zahlreichen Abbildungen, 1878, an dem Peale, Gannett, Leffmann und andere mitgearbeitet hatten. In einem Prachtwerk mit Illustrationen sind die Naturmerkwürdigkeiten damals zu allgemeiner Anschauung gebracht.

quellen der verschiedensten Form und kann daher auch als Beispiel für die Thätigkeit aller anderen Thermalquellen (auch Schwefelquellen finden sich vor) oder heißen Quellen dienen, auch zeigten sich an einzelnen Stellen in dem Crater Hills-Gebiete Schlammvulkane, Schlammgeiser.

Der höchste der Geiser, der das Wasser bis zu einer Höhe von 80 m schleudert, ist die Giantеß (Riesin).

Es ist unmöglich, aus den verschiedenen Geiserformen auch nur eine kleine Zahl ausführlicher zu schildern. Sie sind in ihrem Habitus, in ihren Ausflußzeiten und ihren Absätzen verschieden. Ein erloschener Geiser zeigt uns den inneren Bau: aus dem Becken führt schräg nach unten das Geiserrohr in eine kleine Höhle, die Röhre mündet am Boden und hier würde sich das Herausschleudern des Wassers leicht durch Anwachsen der Spannung der in der oberen Wölbung angesammelten Dämpfe erklären. Vor allem zeigt der tote Geiser, daß nicht ein vertikales Herabsteigen des Geiserrohres notwendig ist.

In diesem Jahre, 1900, kommen Nachrichten über eine merkliche Abnahme der Geiserthätigkeit und der Thätigkeit der heißen Quellen. Die Mammutquellen sind auf ein Zehntel der früheren Ausdehnung zurückgegangen, da die dazu gehörige Minervaterrasse (vergl. unten) seit 1895 fast ganz ihre Thätigkeit eingestellt hat, ebenso hat die Jupiterterrasse und Pulpitterrasse bedeutend abgenommen. Der große Fountain-Geiser ist fast erloschen, auch die Ausbrüche des Grand-Geiser sind selten und unregelmäßig geworden. Möglich ist, daß auch die übrigen Geiser in ihrer Thätigkeit dem Erlöschen entgegengehen, wie die eben erwähnten Nachrichten aus Anfang des Jahres 1900 schließen lassen.

Temperaturbestimmungen sind bei verschiedenen Geisern des Yellowstoneparks gemacht. So wurde die Temperatur des Union-Geiser vor dem Ausbruch 208° F., nach dem Ausbruch 196° F. (97,7° bezw. 91,1°C.) gefunden. Beim Grotto-Geiser, der das Wasser circa 7 m hoch wirft und dadurch ausgezeichnet ist, daß der eigentliche Kegel oder Krater seitliche Öffnungen hat, aus denen während der Eruption das Wasser hervordringt, war die Temperatur des Wassers 150° F. und die Eruption dauert sehr lange (eine Stunde durchschnittlich) an. Das Wasser des Gourd-Geisers (Kürbisgeisers) zeigte an der Oberfläche 196° F., in 2 m Tiefe 200° F.[1]).

Hervorzuheben ist, daß lange Beobachtungen feststellen müssen, ob Änderungen in der Temperatur der Geiser stattfinden. Bei den Höhen, bis zu welchen das heiße Wasser steigt, sind schon manche Änderungen wahrgenommen.

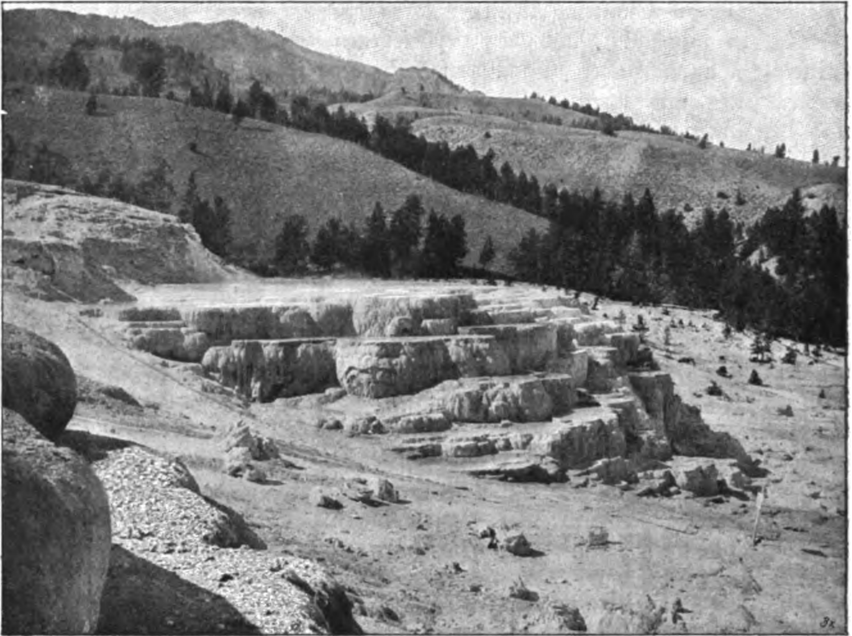
Bei manchen Geisern sind die Wassereruptionen durch längere, der Dauer nach sehr verschiedene Ruhepausen unterbrochen, ohne daß eine Dampferuption folgt (Grand-Geiser, Giantеß), während bei anderen Geisern dieser Art eine Dampferuption folgt (Giant). In der Nähe des Old Faithful, an der Ostseite des Fireholeflusses, findet sich ein Geiser, der durch Zusatz von Seife oder Lauge zur Eruption gebracht werden kann, Chinaman-Geiser genannt, weil man auf diese Erscheinung dadurch aufmerksam wurde, daß die Eruption

[1]) $x^\circ F = (x - 32) \frac{5}{9}{}^\circ C.$

erfolgte, als die Wäsche der Hotelgäste von einem Chinesen in dem Wasser gespült wurde. Der Chinese wurde dabei stark verbrüht.

Hier folgen einige Abbildungen aus dem so hochinteressanten Gebiete:

Fig. 230.



Minervaterrasse und Minervathal.
(Nach einer photographischen Aufnahme von F. Jay Haynes, St. Paul, Minn.)

Die Minervaterrasse Fig. 230 ist ein Teil der großartigen Kalksinterterrasse der Mammutquellen (heiße Quellen). Die Stufen sind ähnlich wie dies bei den herrlichen, jetzt durch den Ausbruch des Tarawera 1886 zerstörten Kieselsinterbecken des Tetarataſprudels beim Rotomahanasee (Neuseeland) der Fall war, terrassenförmig übereinander geordnet, die Becken sind mit heißem Wasser gefüllt, der Kalksinter zeigt häufig rötliche Farben (Eisenhydroxyd), oft ist er schneeweiß glänzend, das Wasser, wie die kalkhaltigen Gewässer überhaupt, tiefblau oder grünlich. Auch besondere Bildungen (konische Sinterkegel, Vorhänge) finden sich. Die Becken gleichen großen natürlichen Badewannen (nur ein abseits gelegenes Becken, Bath Lake, darf zum Baden benutzt werden). Das Wasser hat 70 bis 74° C. und fällt in prächtigen Kaskaden über das Sinterplateau herab. Das Ganze gleicht einem zum Teil zu Stein gewordenen Wasserfall. Auf den tiefen Stufen siedeln sich Pilze und Algen (Leptothrix) an, die eine Rolle bei den Kalkausscheidungen zu spielen scheinen. Das Wasser enthält in 1000 Teilen 1,7315 Teile feste Substanzen und 0,3537 Teile freie Kohlensäure; unter den ersteren treten besonders hervor Calciumkarbonat ($CaCO_3$) 0,6254, Magnesiumsulfat ($MgSO_4$) 0,3645, Calciumsulfat ($CaSO_4$)

Zu Seite 419.



Fig. 231. Der „Old Faithful“-Geiser in Eruption.
(Nach einer photographischen Aufnahme von F. Jay Haynes, St. Paul, Minn.)

0,1953, Chlornatrium ($NaCl$) 0,1903 und Natriumsulfat (Na_2SO_4) 0,1448 Teile; auch Borax, arsenigsaures Natron und andere Salze sind in geringen Mengen nachgewiesen.

Die Sinterkegel zeigen übrigens eine sehr verschiedene Gestalt, bienenkorbähnlich, wie bei dem danach benannten Bee Hive-(„Bienenkorb"-)Geiser, vielfach gezackt mit einzelnen abgerundeten Türmen und Hügeln, wie beim Castle-Geiser, bei dem überdies nach der Wassereruption ein Dampfausbruch erfolgt, beim Turban-Geiser u. a. m.

Einer der schönsten Geiser des oberen Geisergebiets ist der schon erwähnte Old Faithful-Geiser („alter getreuer" Geiser), deshalb so genannt, weil er mit großer Regelmäßigkeit seit der Entdeckung (1870) seine Eruptionen zeigt. Fig. 231 giebt ein Bild desselben nach einer Originalphotographie.

Der Old Faithful wirft auch jetzt noch ungefähr in Pausen von 65 Minuten einen geschlossenen heißen Wasserstrahl 50 m hoch empor. Bei der Regelmäßigkeit des Ausbruchs kann man noch kurz vor dem Ausbruch an die Geisermündung herantreten und das dem Ausbruch vorhergehende Aufwallen beobachten. Der Sinterkegel enthält mehrere stufenförmig gelegene Becken, die von den Eruptionen her mit Wasser gefüllt sind, man kann auf ihren Rändern leicht bis zum Rand des Hauptbeckens gelangen. Der Sinterkegel erhebt sich ungefähr 12′ engl.[1]) über das umgebende Niveau, aus dem er sehr allmählich ansteigt, an der Basis 145 bis 215′, an der Spitze 20 zu 84′ im Durchmesser, das Becken ist ungefähr 5′ tief und 2 bis 6′ breit.

Das Wasser des Old Faithful-Geiser ist reich an Kieselsäure, 1000 Teile des Wassers enthalten 1,3908 fremde Bestandteile und darunter 0,3691 Kieselsäure, neben dieser ist besonders Chlornatrium (0,6393) und Natriumkarbonat (0,2088) vorhanden. Der Sinterkegel besteht also aus Kieselsäure, wächst aber sehr langsam; die stärksten Absätze an Kieselsinter, wobei die Algen noch begünstigend mitwirken, betragen $^4/_5$ mm im Jahre, so daß die Bildungszeit, die man aus der Höhe des Sinterkegels berechnen kann, hiernach auf 25 000 Jahre sich erstrecken würde, wogegen sich aber dieselben Einwendungen erheben lassen, wie bei den Berechnungen des Alters der Höhlen aus der Größe der Tropfsteine oder der Dicke einer Kalksinterschicht (vergl. Höhlen).

In weiser Voraussicht hat die Regierung der Vereinigten Staaten die geschilderte herrliche Gegend durch ein Gesetz seit März 1872 gegen Kolonisierung geschützt. Das Gebiet ist Staatseigentum und bleibt als Nationalpark vor Eingriffen der Industrie, vor Ausbeutung und Touristenrücksichtslosigkeit geschützt, ein Denkmal, daß im amerikanischen Volke der ideale Sinn für Naturschönheit und Naturmerkwürdigkeit nicht, wie manche glauben, im Streben nach materieller Entwickelung erstickt ist. Herrliche Bergformen, prächtige Wälder, tiefblaue Seen (Shoshone- und Yellowstone-Lake), tief eingeschnittene Erosionsthäler mit steilen Wänden (Cañons: Grand Cañon of Yellowstone) und die Unzahl von Geisiren und heißen Quellen mit einzelnen Schlammvulkanen und den merkwürdigsten Kiesel- und Kalksinterabsätzen machen, bei guter Unterkunft, die Gegend zu einer der schönsten und besuchenswertesten der ganzen Erde.

[1]) 1′ engl. = 0,30479 m.

2. Einige Thermalquellen
(Übersicht)[1].

Europa.

Deutschland.

Aachen 55 bis 65° C. (Schwefelquellen, schwefelwasserstoffhaltig).
Baden-Baden 67,3° C. (schwache Kochsalzthermen).
Badenweiler 27,5° C.
Burtscheid 77,5° C., vergl. Aachen (Schwefelbäder).
Ems 40 bis 46° C. (Alkaliquelle, doppeltkohlensaures Natron und Chlornatrium).
Lippspringe 21 bis 22° C. (schwefelsaures Natron, schwefel- und kohlensaurer Kalk und viel Stickstoff).
Warmbrunn 40° C. (Schwefelwasserstoff).
Wiesbaden 70° C. (Chlornatrium).
Wildbad 34 bis 37,25° C. (ziemlich reines Wasser).

Österreich.

Karlsbad 75° C.
Gastein 46,25° C. (sehr reines Wasser).
Ofen 47,25 (eisen- und schwefelhaltige Quellen).
Teplitz 24,48° C. (alkalische Thermen).
Warasdin-Teplitz 56° C. (Schwefel, Kali, Natron, Eisen, Kalk, Magnesia Thon und Kieselerde, (vergl. S. 415).

Schweiz.

Baden 48 bis 50° C. (Schwefelthermen).
Leuk 46 bis 50° C. (gipshaltig[2]).
Pfäffers 37,5° C. (reines Wasser: 10000 Teile enthalten 2,95 Teile feste Substanzen; die Ergiebigkeit ändert sich mit der Tages- und Jahreszeit).

Frankreich.

Aix (Savoyen) bis 68° C. (klares Schwefelwasserstoffwasser).
Bagnères de Bigorre 30 bis 50° C. (im Liter 0,075 g Schwefelnatrium).
Barèges (Barrèges) 31 bis 45° C. (starkes Schwefelwasser).
Cauterets 33 bis 48° C. (Schwefelthermen).
Eaux bonnes 32° C. } (Schwefelquellen.)
Eaux chaudes 11 bis 36° C. }
Vichy 41,8° C. (29 alkalische Quellen; einige Quellen, 5, wurden erbohrt).

England.

Bath 46,25° C. (enthält viel Chlornatrium, schwefelsauren Kalk und kohlensauren Kalk neben freier Kohlensäure).

---

[1]) Eingehende Nachrichten finden sich in den Handbüchern über Balneologie, Bäderlehre.

[2]) Die Quellen (20) enthalten vorzüglich schwefelsauren Kalk, schwefelsaure Magnesia, schwefelsaures Natron und kohlensauren Kalk. Sie gehören vielleicht, wie Pfäffers und Warmbrunn zu den sogenannten absteigenden Quellen, d. h. das von höheren Orten entstammende Wasser tritt, durch die inneren wärmeren Schichten der Gebirge erwärmt, an tieferen Stellen aus.

Italien.

Bormio 39° C. (enthält Glauber- und Bittersalz, kohlensaure Kalkerde, kohlensaures Eisenoxydul).
Lucca 31 bis 56° C. (enthalten Kalk- und Magnesiasalze).

Belgien.

Spa konstante Temperatur 10° (Eisenquellen).

Außereuropäische Länder.

Katharinenquelle im Kaukasus 88,7° C.
Trincheras in Venezuela 97° C.
Hamman-Meskutin (Constantine) 60 bis 95°.
Aguas de Comangillas bei Guanaxuato 96,4° C.
Uvortok (Grönland) 39° C.

Zahl der heißen Quellen in Europa 150.
Zahl der heißen Quellen in Ostindien 100.

3. Bemerkungen über die Geiser Islands.

Großer Geiser: Auswurfskegel 10 m hoch, 70 m Durchmesser; Auswurfsbecken 18 bis 20 m Durchmesser, 2 bis 3 m tief. Große Eruptionen alle 24 Stunden. Oberflächentemperatur des Wassers 85° C.[1]).

Höhe über dem Boden	23 Stunden	5½ Stunde	10 Minuten	Siedepunkt für den betreffenden Druck °C.
	vor einer großen Eruption °C.			
0,315 m	123,6	127,0	126,5	136
9,45 „	113	120,4	121,8	124
13,9 „	85,8	106,4	110,0	117,4
18,9 „	82,6	85,2	84,7	107

Das Geiserwasser enthält in 1000 Teilen Wasser:
4,09 Kieselsäure,
1,32 kohlensaures Natron,
0,62 Chlornatrium,
0,62 schwefelsanres Natron,
0,54 Gips.

Geiserit:
88,83 Proc. Kieselsäure,
11,02 „ Wasser,
4,00 „ Chlormagnesium,
(spez. Gew. 1,866, Härte 5).

Kieseltuffe vom großen Geiser auf Island:

84,43 Proz. Kieselsäure,
3,07 „ Thonerde,
1,91 „ Eisenoxyd,
1,06 „ Magnesia,
7,88 „ Wasser,
außerdem geringe Mengen von Kalk, Kali und Natron.

Man ersieht, daß der Geiserit einen bestimmt ausgeprägten mineralischen Charakter hat.

[1]) Tetarata Geiser (Neuseeland) früher 84° C.

5. Salsen, Schlammvulkane, Luftvulkane.

Noch mehr wie die eigentlichen vulkanischen Erscheinungen sind die Salsen, Schlammvulkane und die Gasquellen (vergl. folg. Abschn., S. 425 ff.) für die Änderungen der Erdoberfläche von nur lokaler Bedeutung. Oft hängen sie auch gar nicht mit vulkanischen Erscheinungen zusammen; da sie jedoch in ihrem äußeren Verhalten Ähnlichkeit mit denselben zeigen, so mögen sie hier ihre Stelle finden.

Unter Salsen oder Schlammvulkanen versteht man niedrige Erhebungen von konischer Gestalt, aus deren Mündung (Krater) von Zeit zu Zeit Schlammströme hervorbrechen, während im gewöhnlichen Zustande nur Gasausströmungen, die sich oft blasenförmig durch den Schlamm hindurchdrängen, vorhanden sind. Der Schlamm besteht aus einem zähen Thon mit mehr oder weniger Wasser, wonach die Zähigkeit des Schlammes verschieden ist; das Wasser enthält häufig Salz (daher die Bezeichnung Salse) und auch Naphtha ist vielfach beigemengt. Die Ausbrüche der Schlammvulkane sind ganz gefahrlos, oft fließt die kalkige oder thonige Masse ruhig ab, bisweilen wird sie aber auch bis 30 m hoch geschleudert. Die Temperatur des Schlammes ist meist die gewöhnliche Lufttemperatur, selten eine höhere. Oft zeigt sich gar keine Temperaturerhöhung, bisweilen eine solche von 70 bis 80°. Die ausströmenden Gase, die den Schlamm heben, sind Kohlensäure und leichter Kohlenwasserstoff (CH_4) und die Luftgase (Stickstoff), in manchen Fällen wurden bei den Eruptionen auch Wasserdampf und Flammen (entzündeter Kohlenwasserstoff) und Emporschleudern von Steinen bemerkt. Die meisten Vorkommnisse dieser Art lassen sich aus allmählicher Zersetzung pflanzlicher Stoffe unter Schichten von Schlamm ꝛc. erklären.

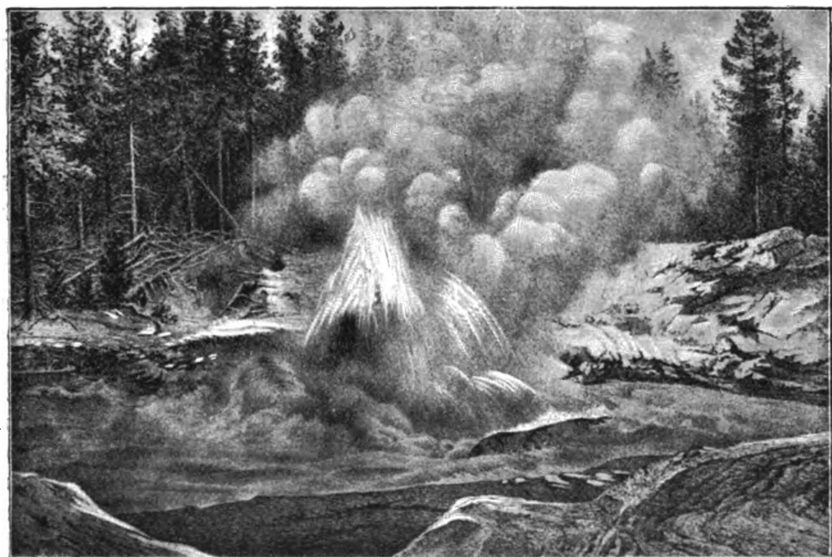
Die Salsen finden sich einmal in vulkanischen Gegenden, wie auf Sizilien, wo die bekannteste Bildung dieser Art bei Girgenti den Namen Macaluba führt, der auch (Macalube) zum Gattungsnamen geworden ist, auf Java (Salse auf Kuwu, bei Surabaja), bei Cartagena in Südamerika, bei Turbaco, wo die „Volcanitos“ 7 bis 8 m hohe Kegel mit heißen Auswurfsprodukten bilden. Unabhängig von früherer vulkanischer Thätigkeit sind die zahlreichen Schlammvulkane auf den Halbinseln Kertsch und Taman, die das Asowsche Meer vom Schwarzen Meer trennen; auf Taman findet sich auch der größte von allen, der Kuku Oba (70 m hoch), der Schlammströme bis 800 m Länge gegeben hat; wichtig sind ferner noch die Salsen von Arracan auf der Insel Cheduba mit Naphthaquellen, und die Schlammvulkane von Mekran am Persischen Meerbusen. Überhaupt stehen öfters wohl Asphaltansammlungen und Gasquellen in naher Beziehung zu den Schlammvulkanen, wie dies die Vorkommnisse am Kaspischen Meer, auf Trinidad und in der Walachei beweisen. Die Mudlumps auf dem Mississippidelta, Schlammhervorquellungen aus konischen Öffnungen, entstehen durch hohen Druck der oberen Schichten, während in der Tiefe vegetabilische Massen sich allmählich zersetzen, und haben mit erhöhter Temperatur oder vulkanischen Erscheinungen überhaupt nichts zu thun. Ihr Wasser enthält viel Chloride, namentlich Kochsalz. Die begleitenden Gase sind Kohlensäure, Stickstoff, leichter Kohlenwasserstoff, was darauf hin-

deutet, daß Zersetzung organischer Substanzen dabei eine Rolle spielt; auch im Schlamme der eigentlichen Schlammvulkane haben sich organische Überreste gefunden.

Von anderen in neuerer Zeit untersuchten Gebieten mag das im Nationalpark befindliche genannt werden.

Folgende Fig. 232 giebt die Darstellung eines Schlammgeisers aus dem Yellowstonegebiet, der in vollem Ausbruch begriffen ist. Diese Schlammquellen, Schlammgeiser, Schlammpuffer liegen hauptsächlich 4 Meil. engl. unterhalb des Yellowstonesees, aber nur ein einziger verdient den Namen Schlammvulkan.

Fig. 232.



Schlammgeiser in Thätigkeit (1871).
(Nach U. S. Geological Survey.)

Man erkennt deutlich den Kraterrand und das Zwischengebiet bis zu dem eigentlichen Schlammsee, aus dem gerade ein Dampfausbruch die schlammigen Massen durchbricht und sie bei Seite schiebt.

Die Schlammquellen des Yellowstonegebiets befinden sich 15 bis 65 m über dem Niveau des Flusses; sie werfen unter Puffen Blasen und schleudern den Schlamm bis 6 m hoch. Derselbe ist sehr fein zerteilt und in der kraterförmigen Vertiefung fast in fortwährender Wallung.

Wie wenig bedeutend die ganze Erscheinung für die Gesamtbildungen der Erdoberfläche, wie charakteristisch sie aber für kleine Distrikte ist, zeigt die Abbildung der großen Salse von Sassuolo (Fig. 233), nicht weit von Modena in Oberitalien. Die ganze Gegend ist vulkanischer Natur, so der Monte Zibio, wo sich auch zahlreiche Naphthaquellen finden.

Die Schlammsprudel am Nordabhange der Apenninen bei Modena gehören

zu den kalten Schlammvulkanen, die mit dem Vulkanismus nicht in Zusammenhang stehen. Man kennt sechs Punkte, an denen aus den kraterförmigen Öffnungen neben Kohlenwasserstoff auch Schlammströme ausbrechen. Bei Sassuolo, das schon in der Poebene liegt, findet sich die Salsa di Montegibbio und das Salsenterrain von Nirano. Bei der großen Salse von Sassuolo (Abb. Fig. 233 zeigt den Blick in das Innere des Kraters von einem Punkt auf dem südlichen Teil des Kraterwalles, — im Hintergrund links das Gehöft Salso di sotto) besteht der Kraterrand aus eckigen Bruchstücken des Flysch; im Krater befinden sich zwei Wassertümpel, aus denen sich fortwährend Gasblasen entwickeln, das Wasser hatte 13,5° resp. 14,7°; im Westen ist ein großer Schlammstrom ausgetreten. Bei einem Besuche dieser Schlammkrater 1899 waren dieselben ruhig ebenso wie die von Nirano[1]).

In neuerer Zeit ist das Gebiet der Schlammvulkane in Birma näher bekannt geworden, auch dies befindet sich in einem Petroleumdistrikt; darüber wird folgendermaßen berichtet:

Die Petroleumdistrikte nehmen ungefähr 350 acres (1 acre = 40,5 ar) am linken Ufer des Irawaddi ein (Felder von Yenang yaung); 1855 waren 130, jetzt sind 600 Brunnen vorhanden mit 6 oder 7 Bohrlöchern. Das Gestein besteht aus Sandstein und tertiären Schichten; der abführende Sand liegt in 63 bis 111 m Tiefe. Die Sande enthalten viele Fossilien (Überreste von Säugetieren, Reptilien ꝛc.).

Im Zusammenhang mit unterirdischen, Petroleum führenden, Schichten stehen die Schlammvulkane von Minbu. Sie geben einen graublauen Petroleum führenden Thon, die Temperatur des Schlammes ist selten höher als 85°. Der größte Krater hat ungefähr 2 m Durchmesser und war (1888) mit zähem Schlamm gefüllt, aus dem große Blasen von brennbaren Gasen aufstiegen, unter Petroleumgeruch; Temperatur 76°. Manche Kegel haben eine Höhe von etwa 10 m. Die Schlammvulkane liegen auf Spalten der tertiären Schichten, die sich unter Alluvialschichten befinden, sie sind nicht unmittelbar bei den Petroleumfeldern.

Die angeführten Beispiele zeigen, wie die Entstehung der Schlammvulkane offenbar nicht mit tiefer gelegenen vulkanischen Herden zusammenhängt und der Sitz der Ursache in den obersten Schichten der Erde zu suchen ist. Überall, wo die allgemeinen Bedingungen der Schlammvulkane gegeben sind: schlammige lockere Sedimentmassen und ein in Spannung befindliches Gas (Kohlensäure, Wasserdampf, Kohlenwasserstoffe), die den Schlamm durchbrechen und emportreiben, können diese Erscheinungen auftreten. Die Schlammsprudel auf den Deltas des Mississippi, des Ganges, der Donau u. s. w. entstehen dadurch, daß organische Massen (Baumstämme, Sumpfpflanzen u. s. w.) mit Schlamm bedeckt wurden und sich starke Sedimentschichten auflagerten. Das bei der Verwesung der Pflanzen entstehende Sumpfgas, unter dem hohen Drucke der Schichten stehend, wird mit zähem Schlamm zugleich emporgepreßt und bringt dann jene merkwürdigen Mudlumps (Schlammsprudel, Fontänen) hervor. Kohlensäure, welche den Schlamm der Teiche durchbricht (in einigen Gegenden

[1]) Globus, Bd. 77 (1900), Nr. 3.



Fig. 233. **Große Salse von Sassuolo.**
(Nach einer Original-Aufnahme von Dr. G. Greim.)

Westfalens) vermag ähnliche Erscheinungen hervorzubringen, und die Schlammvulkane im Nordwesten und Südosten des Kaukasus zeigen ebenso wie die von Birma, wie die Salsen mit den Petroleum- und Naphthaquellen in engem Zusammenhange stehen, während bei den Schlammvulkanen Siciliens (Macalube von Girgenti, den Schlammvulkanen von Paternò am Ätna) und Mittelitaliens das Vorhandensein einer Beziehung zu der früheren vulkanischen Thätigkeit nicht ausgeschlossen ist und die Sprudel im Yellowstonepark aus der Geiserthätigkeit der dortigen Gegend ihre Erklärung finden.

Daher rechtfertigt sich die Stellung der Schlammvulkane zwischen den heißen Quellen und den Gasbrunnen oder -quellen.

6. Gasquellen (Gasexhalationen).

Die ganze obere Bodenschicht enthält Luftgase, denen verschiedene andere je nach besonderen Prozessen beigemengt sind (z. B. Fäulnisgase, wie Schwefelwasserstoff, H_2S, Ammoniak, NH_3).

Unter Gasquellen werden andauernde Gasausströmungen verstanden, die sich an vielen Orten der Erde, die früher vulkanische Thätigkeit zeigten, finden. Nach der Beschaffenheit der Gase kann man sie in Kohlensäuregasquellen, die oft von Säuerlingen begleitet sind (Burgbrohl im Brohlthal) und Kohlenwasserstoffquellen (CH_4 haltige) teilen. Das Vorkommen der letzteren hängt mit dem Vorkommen von Naphtha und Petroleum eng zusammen, ist unabhängig von vulkanischen Herden und auf Verwesungsprozesse von Organismen zurückzuführen. Sind diese Quellen, die strahlförmig aus der Erde emporsteigen, entzündet worden, so nennt man sie wohl Feuerbrunnen (die ewigen Feuer von Baku, auch in den Petroleumdistrikten von Pennsylvanien sind diese Gasausströmungen häufig entzündet, bisweilen auch zur Beleuchtung der Orte praktisch verwertet). Außer diesen Gasen finden sich häufig in vulkanischen Gegenden Ausströmungen von Schwefeldioxyd und Wasserdampf (Solfatare bei Pozzuoli) von hoher Temperatur, die auf vulkanische Thätigkeit hindeuten.

Die Kohlensäuregasausströmungen finden auch vor vielen vulkanischen Ausbrüchen statt wie beim Vesuv, um bei oder nach dem Ausbruche zu verschwinden. — Sie finden sich ferner in der Nähe der Vulkane; an tiefen Stellen sammelt sich die Kohlensäure an und bildet eine Schicht, in der Leben und brennendes Licht nicht existieren können: die Hundsgrotte bei Neapel in der Nähe der Solfatare im alten Krater von Agnano (Phlegräische Felder), das Giftthal auf Java, Pakaraman, circa 16 m tief, wo bisweilen die ganze Thalsenkung mit Kohlensäure angefüllt ist, gehören hierher. Dem italienischen Ausdruck gemäß nennt man diese Ausströmungen auch Mofetten. Diese Gasausströmungen sind als letzte Spuren der vulkanischen Thätigkeit zu betrachten und finden sich auch in Deutschland in ehemals vulkanischen Gegenden: so die Kohlensäuregasausströmungen in der Eifel, am Laacher See, im Brohlthal (bei Burgbrohl, wo ein Säuerling mit austritt, entweichen täglich über 150 cbm Kohlensäure, die jetzt fabrikmäßig zur Herstellung flüssiger Kohlensäure benutzt wird). Außerordentlich massenhaft treten die Kohlensäure-

exhalationen am linken Weserufer auf, so bei Pyrmont, wo man die jährlich entweichende Kohlensäuremenge auf 270000 cbm schätzt und die Dunsthöhle eine ähnliche Ansammlung von Kohlensäure darbietet, wie die zuvor erwähnte Hundsgrotte. Häufig tritt die Kohlensäure mit Heilquellen aus, wie bei Franzensbad und vor allem bei Marienbad in Böhmen, auch in Bohrlöchern tritt Kohlensäure zu Tage, wie in Neusalzwerk und Nauheim, ebenso tritt sie bei Artern in Thüringen in ungeheuren Mengen hervor und diese, wie die rheinischen Vorkommnisse haben der Kohlensäureindustrie einen Hauptaufschwung verliehen. Es werden diese Quellen zur Herstellung flüssiger Kohlensäure (die durch hohen Druck erhalten und in cylindrischen Stahl- oder Schmiedeeisenbomben in den Handel gebracht wird) benutzt. Das meiste künstliche Sodawasser wird mit dieser verflüssigten Kohlensäure hergestellt (vergl. Chemie, S. 152), ebenso gebraucht man letztere zur Erzeugung niedriger Temperaturen (Bierbrauerei, Eisfabrikation). Der Druck, unter dem die Kohlensäure ausströmt, ist oft ein sehr hoher (30 Atm.); meistens ist sie nicht ganz rein und enthält geringe Mengen der Luftgase, während sie keine großen Mengen Feuchtigkeit enthält.

Ferner kommt die Kohlensäure in einigen Höhlen vor, wie in den Grottes des fées bei St. Maurice in Wallis (vergl. Höhlen).

In seltenen Fällen ist die Kohlensäureexhalation von kleinen Schlammeruptionen (Istrupp in Westfalen; auch lassen sich leicht künstlich solche Schlammstrudel im Kleinen nachahmen), häufig von Wasser begleitet und steht daher mit den Säuerlingen (vergl. Abschnitt Mineralquellen: Eisensäuerling Pyrmont, alkalischer Säuerling Selters ꝛc.) in nahem Zusammenhang. Diese Quellen zeigen keine höhere Temperatur.

Die Kohlenwasserstoffquellen finden sich: in Italien auf der Pietra mala, zwischen Bologna und Florenz (Flammen 1½ m hoch, gelblich), im südlichen Modena (Barigazzo), in Kleinasien (Adalia, im alten Lycien, wo sie zur Sage von der Chimära Veranlassung gegeben haben), bei Baku und am gegenüberliegenden Ufer des Kaspi-Sees, oft aus dem Meere hervorbrechend, in Nordamerika am Westabhange des Alleghany, in New-York und Pennsylvanien (Petroleumquellen bei Fredonia u. s. w.), im nördlichen England in den Steinkohlendistrikten und in China, in Sutschuan und Schansi, wo deren Zahl 20000 betragen soll.

Was die Entstehung des Petroleums (Steinöls) und Naphthas anbetrifft, so ist darüber eine vollständig befriedigende Theorie nicht vorhanden. Der Anschauung, daß diese Flüssigkeiten, die heute für das menschliche Leben eine so bedeutende Rolle spielen, durch allmähliche Zersetzung von organischen Substanzen unter sehr hohem Druck entstanden sind, steht günstig zur Seite, daß das stets begleitende Kohlenwasserstoffgas nachgewiesenermaßen sich in dieser Weise bildet. Man hat dabei zur Erklärung auch den Gebirgsdruck herangezogen, wie er bei Baku und Apscheron am Kaspischen Meere und in Pennsylvanien in den Öldistrikten durch die Alleghanies hervorgebracht sein kann. Jedenfalls sind Ansammlungen dieser Flüssigkeiten in Höhlungen, wo sie unter hohem Drucke vorhanden sind, beobachtet, da bei manchen Bohrungen plötzlich Mengen Petroleum empordrangen, die man gar nicht bewältigen konnte und in

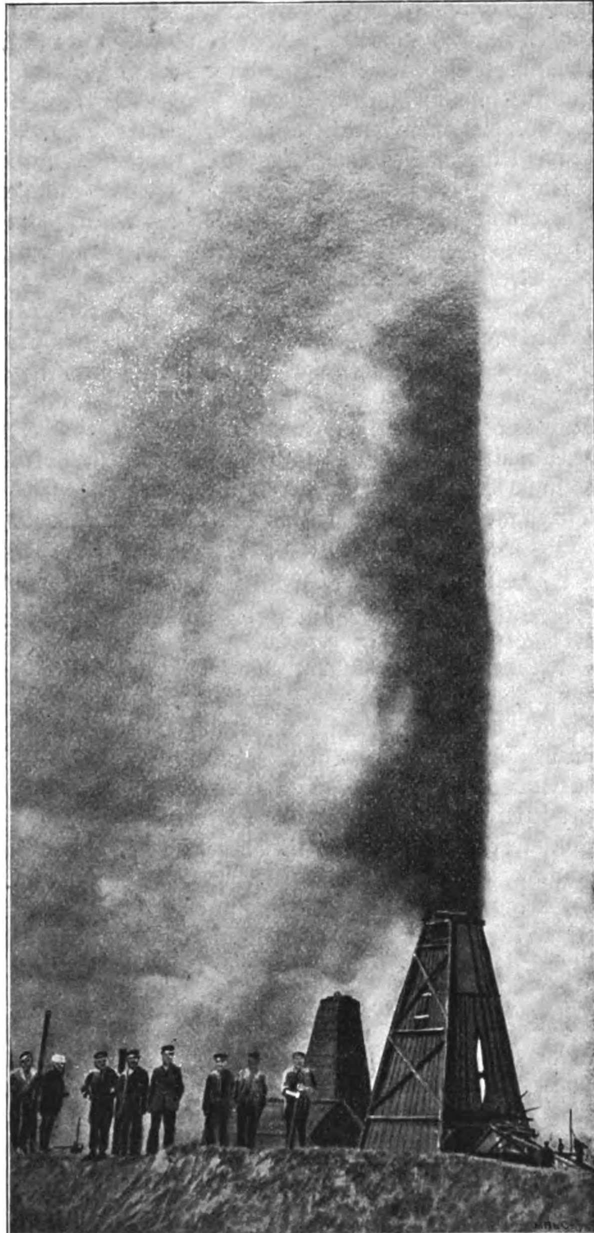
das Kaspische Meer abströmen ließ; gleichzeitig schossen Säulen von Grubengas empor (Fontänen bis 50 m hoch, wie solche die beigefügte Fig. 234 veranschaulicht). Ob nun die Organismen tierischen oder pflanzlichen Ursprungs sind, oder ob etwa die Zersetzungsprodukte von beiderlei Organismen herstammen, ist nicht feststellbar. Vielfach finden sich ferner auch Schichten, die mit Petroleum durchtränkt sind: Petroleumsande (vergl. auch Mineralogie S. 131).

Dieser Erklärung steht die andere, rein chemische gegenüber, welche annimmt, daß die Entstehung dieser Petroleummengen zu erklären sei durch Einwirkung von Wasser auf Karbide (Metallkohlenstoffverbindungen, vergl. Chemie, S. 434) im Erdinnern.

In neuerer Zeit hat das Vorkommen eines Petroleumsees in Alaska, das mit dem Vorkommen von Steinkohle in Verbindung steht, die erstere Gruppe von Anschauungen noch bedeutend gestützt.

Bei Baku und

Fig. 234.



Naphthaspringbrunnen bei Baku.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

auf der Halbinsel Apscheron sind jedenfalls die merkwürdigsten Vorkommnisse der Erdfeuer, der Gasbrunnen, Petroleumquellen, Schlammvulkane; auch die vorliegenden Inseln im Kaspischen Meere zeigen dieselben Phänomene. Die großen Feuer-Gasquellen von Methan brennen so lange, wie Nachrichten reichen. Noch heute haben die Feueranbeter dort einen Tempel, zu dem Wallfahrten stattfinden. An vielen Stellen dringen kleine Flammen aus dem Boden hervor, die öfters durch Regen ausgelöscht werden; das ausströmende Gas besitzt keine hohe Temperatur (ca. 15 bis 16°). Auch sind bei einzelnen Ausbrüchen Inseln im Kaspischen Meere entstanden und verschwunden, Petroleumergüsse und die Produktion der Quellen am Lande waren bisweilen so ergiebig, daß sich kleine Seeen bildeten oder daß man die Flüssigkeit in das Meer abfließen lassen mußte.

Das russische Petroleum würde mit dem amerikanischen vollständig konkurrieren können, wenn der Transport ein einfacherer wäre.

Eine ausführliche Schilderung der Gegend würde eine monographische Darstellung der skizzierten Erscheinungen geben und wohl ließe sich aus solchen Einzelbildern der Physiognomik der Erdoberfläche die allgemeine Gesamtgeographie eines Landes aufbauen und so ein Überblick über die Gesamtverhältnisse geben, ein Weg, der vielleicht noch betreten werden wird und ebenso interessant und wissenschaftlich ist wie der gebräuchliche.

17. Niveauverschiebungen, Hebungen und Senkungen
(hypochthon, aber nicht vulkanischer Natur).

Schon aus der Schilderung der Erdbeben geht hervor, daß viele Erscheinungen, die man früher als vulkanische aufgefaßt hatte, nicht auf vulkanische Kräfte, vor allem nicht einmal auf die erhöhte Temperatur im Erdinnern zurückzuführen sind; — sie sind als hypochthone Erscheinungen, deren Ursachen nur unterhalb der Erdoberfläche liegen, zu bezeichnen; zu diesen gehören auch die säkularen Hebungen und Senkungen, die von den vulkanischen Niveauveränderungen und von denen, die durch Erdbeben verursacht sind (instantane, augenblickliche), unterschieden werden müssen.

Man hat wohl im Innern der Kontinente auf Niveauveränderungen geschlossen aus Sichtbar- oder Unsichtbarwerden von Marken (Kirchtürmen, Gebäuden) innerhalb gewisser Zeiträume. Messungen, die ganz zuverlässig wären, liegen in dieser Beziehung nicht vor, erst die jetzt fortwährend stattfindenden geodätischen Aufnahmen werden darüber definitiv Aufschluß geben können, da sie wohl viele Jahrzehnte, vielleicht Jahrhunderte lang fortgesetzt werden sollen; schon jetzt hat sich das eine ergeben, daß das Niveau der Meeresspiegel nicht überall gleich ist (so beim Kanal und Mittelmeer, in Nord- und Südfrankreich und das Mittelmeer und rote Meer bei Suez).

Hier zunächst nur einiges über die Hebungen, welche sich am leichtesten beobachten lassen, da ein bestimmtes Niveau, das eines Wasserspiegels, vor allem des Meeres vorhanden ist.

Die instantanen Veränderungen der Bodenoberfläche sind direkt nachweisbar durch die Entstehung neuer Stücke Festland oder durch das Untertauchen

desselben oder durch Messung der Höhenverschiedenheiten auf dem Festlande oder der Tiefenveränderungen im Meere. Dergleichen Veränderungen sind bei vielen vulkanischen Ausbrüchen und bei vielen Erdbeben beobachtet (vergl. die betreffenden Abschnitte S. 308 ff. und 349 ff.). Bei der Eruption von Lanzarote wurden zwei Basaltfelsen gehoben; auf Santorin erfolgte in verschiedenen Zeiten die Bildung der verschiedenen kleinen Inseln des Eruptionskraters, der mit Wasser gefüllt ist: 194 v. Chr. entstand Paläa Kameni, 1573 Mikra Kameni, 1707 Nea Kameni und der neuerliche Ausbruch 1866 bis 1867 hat eine Vergrößerung des Georgvulkans herbeigeführt (vergl. Abbildung Fig. 199, S. 311); 1759 entstand der Jorullo (vergl. oben S. 310 u. 343). Zuerst hatte man angenommen, daß der ganze Boden gehoben wäre, aber auch hier haben die ursprünglichen Schichten, wenn überhaupt, nur eine unbedeutende Hebung, wohl aber eine Niveauerhöhung erfahren, wie denn überhaupt die vulkanischen Auswurfsmassen in vielen Gegenden solche Niveauänderungen, die also indirekt durch hypochthone Kräfte herbeigeführt wurden, veranlaßten; auch die im Anhang (vergl. S. 434, Fig. 235) befindliche Abbildung der Insel Santorin giebt hierfür und für die im Abschnitte „Vulkane“ besprochenen Verhältnisse ein treffliches Beispiel.

In anschaulicher, eingehender Weise hat Alexander v. Humboldt, der den Jorullo 1803 besuchte, die Verhältnisse des Vulkans geschildert[1]); bildete doch für ihn der Jorullo einen Stützpunkt für die Erhebungstheorie. Ein Auszug aus der genannten Darstellung mag hier angeschlossen werden.

„In der Reihe der mexikanischen Vulkane ist das größte und, seit meiner amerikanischen Reise, berufenste Phänomen die Erhebung und der Lavaerguß des neu erschienenen Jorullo. Dieser Vulkan, dessen auf Messungen gegründete Topographie ich zuerst bekannt gemacht habe, bietet durch seine Lage zwischen den beiden Vulkanen von Toluca und Colima und durch seinen Ausbruch auf der großen Spalte vulkanischer Thätigkeit, welche sich vom Atlantischen Meere bis an die Südsee erstreckt, eine wichtige und deshalb um so mehr bestrittene geognostische Erscheinung dar. Dem mächtigen Lavastrom folgend, welchen der neue Vulkan ausgestoßen, ist es mir gelungen, tief in das Innere des Kraters zu gelangen und in demselben Instrumente aufzustellen. Dem Ausbruch in einer weiten, lange friedlichen Ebene der ehemaligen Provinz Michuacan in der Nacht vom 28. zum 29. September 1759, über 30 geographische Meilen von jedem anderen Vulkane entfernt, ging seit dem 29. Juni desselben Jahres, also zwei volle Monate lang, ein ununterbrochenes unterirdisches Getöse voraus. Es war dasselbe dadurch schon von den wunderbaren Bramidos von Guanaxuato, die ich an einem anderen Orte beschrieben, verschieden, daß es, wie es gewöhnlicher der Fall ist, von Erdstößen begleitet war: welche der silberreichen Bergstadt im Januar 1784 gänzlich fehlten. Der Ausbruch des neuen Vulkans um 3 Uhr morgens verkündigte sich tags vorher durch eine Erscheinung, welche bei anderen Eruptionen nicht den Anfang, sondern das Ende zu bezeichnen pflegt. Da, wo gegenwärtig der große Vulkan steht, war ehemals ein dichtes Gebüsch von der ihrer wohlschmeckenden Früchte wegen bei den Eingeborenen so beliebten Guayava (Psidium pyriferum). Arbeiter aus den Zuckerrohrfeldern (cañaverales) der Hacienda de San Pedro Jorullo, welche dem reichen, damals in Mexiko wohnenden Don Andres Pimentel gehörte, waren ausgegangen, um Guayavafrüchte zu sammeln. Als sie nach der Meierei (Hacienda) zurückkehrten, bemerkte man mit Erstaunen, daß ihre großen Strohhüte mit vulkanischer Asche bedeckt waren. Es hatten sich demnach schon in dem, was man jetzt das Malpais nennt,

[1]) Kosmos, Bd. IV, S. 334 ff., vergl. Kosmos, Bd. I, S. 251.

wahrscheinlich am Fuß der hohen Basaltkuppe el Cuiche, Spalten geöffnet, welche diese Asche (Rapilli) ausstießen, ehe noch in der Ebene sich etwas zu verändern schien. Aus einem in den bischöflichen Archiven von Valladolid aufgefundenen Briefe des Paters Joaquin de Ansogorri, welcher drei Wochen nach dem Tage des ersten Ausbruchs geschrieben ist, scheint zu erhellen, daß der Pater Isidro Molina, aus dem Jesuitenkollegium des nahen Patzcuaro, hingesandt, „um den von dem unterirdischen Getöse und den Erdbeben aufs äußerste beunruhigten Bewohnern der Playas de Jorullo geistlichen Trost zu geben", zuerst die zunehmende Gefahr erkannte und dadurch die Rettung der ganzen kleinen Bevölkerung veranlaßte.

„In den ersten Stunden der Nacht lag die schwarze Asche schon einen Fuß hoch; alles floh gegen die Anhöhen von Aguasarco zu, einem Indianerdörfchen, das 2260 Fuß höher als die alte Ebene von Jorullo liegt. Von diesen Höhen aus sah man (so geht die Tradition) eine große Strecke Landes in furchtbarem Feuerausbruch, und „mitten zwischen den Flammen (wie sich die ausdrückten, welche das Berg-Aufsteigen erlebt) erschien, gleich einem schwarzen Kastell (castillo negro), ein großer unförmiger Klumpen (bulto grande)". Menschenleben gingen nicht verloren.

„Nach der weit und übereinstimmend unter den Eingeborenen verbreiteten Tradition soll in den ersten Tagen der Ausbruch von großen Felsmassen, Schlacken, Sand und Asche immer auch mit einem Erguß von schlammigem Wasser verbunden gewesen sein. In dem vorerwähnten denkwürdigen Berichte vom 19. Oktober 1759, der einen Mann zum Verfasser hat, welcher mit genauer Lokalkenntnis das eben erst Vorgefallene schildert, heißt es ausdrücklich: que espele el dicho Volcan arena, ceniza y agua. Alle Augenzeugen erzählen (ich übersetze aus der Beschreibung, welche der Intendant, Oberst Riaño, und der deutsche Bergkommissar Franz Fischer, der in spanische Dienste getreten war, über den Zustand des Vulkans von Jorullo am 10. März 1789 geliefert haben): „daß, ehe der furchtbare Berg erschien, die Erdstöße und das unterirdische Getöse sich häuften; am Tage des Ausbruchs selbst aber der flache Boden sich sichtbar senkrecht erhob und das Ganze sich mehr oder weniger aufblähte, so daß Blasen erschienen, deren größte heute der Vulkan ist. Diese aufgetriebenen Blasen, von sehr verschiedenem Umfang und zum Teil ziemlich regelmäßiger konischer Gestalt, platzten später und stießen aus ihren Mündungen kochend heißen Erdschlamm wie verschlackte Steinmassen aus, die man, mit schwarzen Steinmassen bedeckt, noch bis in ungeheure Ferne auffindet."

„Diese historischen Nachrichten, die man freilich ausführlicher wünschte, stimmen vollkommen mit dem überein, was ich aus dem Munde der Eingeborenen 14 Jahre nach der Besteigung des Antonio de Riaño vernahm. Auf die Fragen, ob man das Bergkastell" nach Monaten oder Jahren sich allmählich habe erhöhen sehen, oder ob es gleich in den ersten Tagen schon als ein hoher Gipfel erschienen sei, war keine Antwort zu erhalten. Riaños Behauptung, daß Eruptionen noch in den ersten 16 bis 17 Jahren vorgefallen wären, also bis 1776, wurde als unwahr geleugnet. Die Erscheinungen von kleinen Wasser- und Schlammausbrüchen, die in den ersten Tagen gleichzeitig mit den glühenden Schlacken bemerkt wurden, werden nach der Sage dem Versiegen zweier Bäche zugeschrieben, welche, an dem westlichen Abhange des Gebirges von Santa Ines, also östlich vom Cerro de Cuiche, entspringend, die Zuckerrohrfelder der ehemaligen Hacienda de San Pedro de Jorullo reichlich bewässerten und weit in Westen nach der Hacienda de la Presentacion fortströmten. Man zeigt noch nahe bei ihrem Ursprunge den Punkt, wo sie in einer Kluft mit ihren einst kalten Wassern bei Erhebung des östlichen Randes des Malpais verschwunden sind. Unter den „Hornitos" weglaufend, erscheinen sie (das ist die allgemeine Meinung der Landleute) erwärmt als zwei Thermalquellen wieder. Da der gehobene Teil des Malpais dort fast senkrecht abgestürzt ist, so bilden sie die zwei kleinen Wasserfälle, die ich gesehen und in meine Zeichnung[1]) aufgenommen habe. Jedem derselben ist der frühere Name, Rio de San Pedro und Rio de

[1]) Vergl. Kosmos, Bd. IV, S. 338.

Cuitimba, erhalten worden. Ich habe an diesem Punkte die Temperatur der dampfenden Wasser 52,7° gefunden. Die Wasser sind auf ihrem langen Wege nur erwärmt, aber nicht gesäuert worden. Die Reaktivpapiere, welche ich die Gewohnheit hatte mit mir zu führen, erlitten keine Veränderung; aber weiterhin, nahe bei der Hacienda de la Presentacion, gegen die Sierra de las Canoas zu, sprudelt eine mit geschwefeltem Wasserstoffgas geschwängerte Quelle, die ein Becken von 20 Fuß Breite bildet.

„Die vielen Tausende der kleinen Auswurfskegel (eigentlich mehr rundlicher oder etwas verlängerter, backofenartiger Form), welche die gehobene Fläche ziemlich gleichmäßig bedecken, sind im Mittel von 4 bis 9 Fuß Höhe. Sie sind fast allein auf der westlichen Seite des großen Vulkans emporgestiegen, da ohnedies der östliche Teil gegen den Cerro de Cuiche hin kaum $1/_{25}$ des Areals der ganzen blasenförmigen Hebung der Playas ausmacht. Jeder der vielen Hornitos ist aus verwitterten Basaltkugeln zusammengesetzt, mit konzentrisch schalig abgesonderten Stücken; ich konnte oft 24 bis 28 solcher Schalen zählen. Die Kugeln sind etwas sphäroidisch abgeplattet und haben meist 15 bis 18 Zoll im Durchmesser; variieren aber auch von 1 bis 3 Fuß. Die schwarze Basaltmasse ist von heißen Dämpfen durchdrungen und erdig aufgelöst; doch der Kern ist dichter: während die Schalen, wenn man sie ablöst, gelbe Flecken oxydierten Eisens zeigen. Auch die weiche Lettenmasse, welche die Kugeln verbindet, ist, sonderbar genug, in gekrümmte Lamellen geteilt, die sich durch alle Zwischenräume der Kugeln durchwinden. Ich habe mich bei dem ersten Anblick befragt, ob das Ganze statt verwitterter, sparsam olivinhaltiger Basaltkugeln nicht vielleicht in der Ausbildung begriffene, aber gestörte Massen darböte. Es spricht dagegen die Analogie der wirklichen, mit Thon- und Mergelschichten gemengten Kugelbasalthügel, welch oft von sehr kleinen Dimensionen im böhmischen Mittelgebirge, teils isoliert, teils lange Basaltrücken an beiden Extremen krönend, gefunden werden. Einige der Hornitos sind so aufgelöst oder haben so große innere Höhlungen, daß Maultiere, wenn man sie zwingt, die Vorderfüße auf die flächeren zu setzen, tief einsinken: wogegen bei ähnlichen Versuchen, die ich machte, die Hügel, welche die Termiten aufbauen, widerstanden.

„Ich fand trotz der Erkaltung, welche nach dem allgemeinen Zeugnis der Indianer die Gegend seit 20 Jahren erlitten hatte, in den Spalten der Hornitos meist 93° und 95° Cent.; 20 Fuß von einigen Hügeln hatte die umgebende Luft, da, wo keine Dämpfe mich berührten, noch eine Temperatur von 42,5° und 46,8°, wenn die eigentliche Lufttemperatur der Playas zu derselben Stunde kaum 25° war. Die schwach schwefelsauren Dämpfe entfärbten reagierende Papierstreifen und erhoben sich einige Stunden nach Sonnenaufgang sichtbar bis 60 Fuß Höhe. An einem frühen, kühlen Morgen ist der Anblick der Rauchsäulen am merkwürdigsten. Gegen Mittag, ja schon nach 11 Uhr, sind sie ganz erniedrigt und nur in der Nähe sichtbar. Im Inneren von mehreren der Hornitos hörten wir Geräusch wie Sturz von Wasser. Die kleinen basaltischen Backöfen sind, wie schon oben bemerkt worden ist, leicht zerstörbare Gebäude. Als Burkart, 24 Jahre nach mir, das Malpais besuchte, fand er keinen der Hornitos mehr rauchend; ihre Temperatur war bei den meisten die der umgebenden Luft, und viele hatten alle Regelmäßigkeit der Gestalt durch Regengüsse und meteorische Einflüsse verloren. Dem Hauptvulkan nahe fand Burkart kleine Kegel, die aus einem braunroten Conglomerate von abgerundeten oder eckigen Lavastücken zusammengesetzt waren und nur locker zusammenhingen. Mitten in dem erhobenen, von Hornitos bedeckten Areal sieht man noch ein Überbleibsel der alten Erhöhung, an welche die Gebäude der Meierei San Pedro angelehnt waren. Der Hügel, den ich auf meiner Karte[1]) angedeutet, bildet einen Rücken, welcher von Osten nach Westen gerichtet ist, und seine Erhaltung an dem Fuß des großen Vulkans erregt Erstaunen. Nur ein Teil ist mit dichtem Sande (gebrannten Rapilli) bedeckt. Die hervorstehende Basaltklippe, mit uralten Stämmen von Ficus indica und Psidium bewachsen, ist gewiß, wie die des Cerro del Mirador

[1]) Vergl. Kosmos, Bd. IV, S. 342.

und der hohen Gebirgsmassen, welche die Ebene in Osten bogenförmig begrenzen, als der Katastrophe präexistierend zu betrachten."

Zu den erwähnten Vorgängen ist auch die nachweisbare Veränderung des Bodenniveaus beim Serapistempel bei Neapel (Bajä) zu rechnen (vergl. Anhang S. 434).

Nach Erdbeben wurden gehoben: Chile 1822 auf 4700 Quadratmeilen um 1 bis $1^1/_3$ m und 1835 um $1^1/_3$ bis $1^2/_3$ m (Februar, während es sich im Februar darauf wieder senkte). Die Hebung erfolgte ungleichmäßig, wie die Insel Santa Maria (bei Concepcion) bewies, die im Norden am meisten (3 m) gehoben wurde, auch traten Muschelbänke, Felsenklippen, Verringerungen der Hafentiefen auf, wie auch 1837 beim Erdbeben von Valdivia. Versenkungen wurden beim Erdbeben von Jamaika und von Lissabon u. s. w. beobachtet, ebenso beim Erdbeben von Calabrien, wo bei Oppido eine Schlucht von 156 m Länge und 65 m Tiefe entstand, und 1819 beim Erdbeben an der Indusmündung (Cutch), wo 94 Quadratmeilen dadurch mit Wasser bedeckt wurden (Sindreefestung). Auch beim Krakatoaausbruch fanden Höhen- und Tiefenveränderungen statt. Sie können auch durch submarine Ausbrüche, die unbemerkt blieben (Großer Ocean) entstehen, so daß sich vielleicht Abweichungen in den Marinekarten, die stellenweis gefunden werden, auf diese Weise erklären.

Diese zahlreichen historischen Niveauveränderungen erstreckten sich immer nur auf kleinere Strecken und fanden stets in vulkanischen Gegenden, die in historischer Zeit diese Thätigkeit (Erdbeben oder Eruptionen) zeigten, statt.

Die Hebungen und Senkungen in vorhistorischen Zeiten, die sowohl plötzlich ruckweise, wie allmählich stattgefunden haben können, sind viel bedeutender gewesen, und dauern bei vielen Ländern jetzt noch an. Die dafür vorhandenen Kennzeichen sind folgende:

1) Untergegangene Landorganismen im Meere oder auf höheren Stellen des Landes befindliche Seeorganismen.

2) Die Strandlinien und Terrassen. Wasser, längere Zeit mit Felsen in Berührung, hinterläßt an denselben verschiedene Spuren, die oft von Seeorganismen begleitet sind. Sie verlaufen nicht parallel dem Meeresspiegel, sondern oft ungleichmäßig; was dann auf ungleichmäßige Hebung schließen läßt.

3) Direkte Marken, — sei es, daß dieselben an Felsen angebracht sind, sei es, daß dieselben in Wohnstätten oder Bauwerken der Menschen bestehen, die eine andere Lage zum Wasserniveau erhalten haben.

4) Die Deltabildungen und Küstenänderungen (Nordsee, vergl. Wirkungen der Flüsse).

5) Veränderungen des Klimas und der Vegetationsgrenzen, die ja bei größerer Erhebung des Landes bedeutend geändert werden müssen.

6) Korallenbauten.

Viele dieser Erscheinungen (Strandlinien) hat man durch Rücktritt des Oceans erklären wollen. Dagegen spricht, daß dann eine allgemeine Niveauverringerung hätte stattfinden müssen, daß die Strandlinien parallel verlaufen müßten und daß ein Rückgang des oceanischen Niveaus noch schwerer erklärbar

ist[1]), als an verschiedenen Stellen der Erde stattfindende Hebungen und Senkungen, die sich im allgemeinen das Gleichgewicht halten können.

Strandlinien mit Gerölle findet man in Chile bis zu einer Höhe von fast 500 m, in Norwegen, Kandia, Arrakan, Neu-Seeland nördlich von der Cookstraße (die südliche Küste zeigt Senkung); alle diese Länder haben daher säkulare Hebungen erfahren. Ja man kann die Fjordbildungen in Norwegen, Westgrönland, an den Ostküsten Schleswigs, in Patagonien sehr wohl verstehen, wenn man frühere Senkungen zur Glacialzeit annimmt, nachdem die Gletscher die schroffen Thäler verlassen hatten; auch in Grönland sind solche Strandlinien vorhanden, von denen die Abbildung Fig. 237 (auf S. 436) eine Vorstellung giebt.

In Südamerika (Patagonien) kann man 8 Epochen der Hebungen unterscheiden und es beläuft sich die Gesamthebung auf mindestens 130 bis 180 m. Im Mittelmeerbecken findet man Hebungsanzeichen, außer auf Kandia, auf Sizilien (Palermo, Ätna), Sardinien und bei Gibraltar. Oft findet man Hebungs- und Senkungsanzeichen bei demselben Lande. Die südliche Westküste von Frankreich, La Rochelle, ist in Hebung begriffen (Muschelbänke im Lande, der Meeresarm der Insel Olonne im Austrocknen begriffen); in der Normandie finden sich unterseeische Wälder (Senkung); die Westküste von Großbritannien zeigt Hebungserscheinungen, die Süd- und Ostküste zum Teil Senkungserscheinungen. Nord-Schweden und Norwegen zeigen säkulare Hebungen (an Marken direkt nachgewiesen), Süd-Schweden (Schonen) Senkung (altes Straßenpflaster von Trelleborg 0,94 m unter dem Meere); das westliche Grönland ist im Sinken begriffen (eine auf einer Insel erbaute normannische Feste ist jetzt als Ruine zum Teil von Wasser bedeckt), ebenso die deutsche Nordseeküste. Die großartigsten Senkungen (von 1200 Meilen Länge und 400 Meilen Breite) zeigt der Große Ocean im Gebiete der niedrigen Inseln. Hier hat man aus den Bauten der Korallentiere (siehe Näheres im betr. Abschnitt) darauf schließen müssen: diese Tierchen können nur bis zu einer Tiefe von 40 bis 70 m leben, ihre Bauten erstrecken sich aber bis zu Tiefen von über 1000 m und es sind natürlich in den unteren Schichten die Tierchen abgestorben. Diese Bauten konnten also nur entstehen, indem eine allmähliche Senkung des Bodens stattfand und neue Generationen auf den alten abgestorbenen weiter bauten. Auch die Form vieler Inseln, die eine ringförmige Gestalt haben und aus deren innerer Lagune bisweilen felsiges Gestein hervorragt, spricht dafür. Die Tier- und Pflanzenwelt zeigt zu diesen Hebungen und Senkungen mannigfache Beziehungen, so finden sich auf den Seychellen und Madagaskar dieselben Pflanzen- und Tierformen.

Mit den Strandlinien und Strandterrassen sind die Bildungen, welche durch Wasser oder Gletscher in unseren Gebirgen vorkommen und sich an den schottischen

[1]) Es ist versucht worden, die säkularen Hebungen und Senkungen kontinentaler Gebiete abzuleugnen und nur die lokalen, durch eruptive Gesteine hervorgebrachten, anzuerkennen, indem eine Verringerung der Wassermenge durch Polareis, durch Bildung von Gesteinen, durch Einsickern des Wassers angenommen wurde, auch sollten die Senkungen durch Zusammensinken der sedimentären Schichten erfolgen, wie es an Flußmündungen leicht möglich ist.

Gebirgen die Seen entlang ziehen, nicht zu verwechseln. Die Bildungen, welche durch die frühere größere Ausbreitung der Gletscher zur Eiszeit entstanden, werden in einem besonderen Abschnitte abgehandelt. Auch die Uferlinien an Flüssen, welche dadurch entstehen, daß sie sich durch Erosion tiefer graben, oder an Seen, wo sie durch Senkung des Spiegels infolge von Abfluß hervortreten können, und die Strandterrassen an vielen Landseen, so den großen amerikanischen Seen, gehören zum Teil anderen Abschnitten der dynamischen Geologie an.

Anhang zum Abschnitt Niveauverschiebungen.

a) Verhältnisse von Santorin (vulkanische Hebungen).

Santorin oder Thera, Thira, gehört zu den Cykladen und hat 81,7 qkm Oberfläche (55 qkm ca. 1 Quadratmeile) mit 15 000 Einwohnern. Die, wie das Kärtchen Fig. 235 a. f. S. zeigt, sichelförmig gestaltete Hauptinsel mit den Inseln Therasia und Aspronisi wurde früher als ein Erhebungskrater aufgefaßt. Der höchste Punkt ist der Eliasberg (564 m). Das Grundgestein ist Kalkstein und Thonschiefer, die mit vulkanischen Produkten bedeckt sind. Die kleinen Inseln in dem Ringthale sind durch Eruptionen entstanden: 233 Therasia von Thera getrennt; Paläa Kameni („alte verbrannte"; Trachyt) 194 v. Chr., 726 und 1427 Vergrößerung von Paläa Kameni; Mikra Kameni („kleine verbrannte") 1573; Nea Kameni („neue verbrannte") 1707, 1866 entstand bei Nea Kameni der Georgsvulkan und bei Aphroessa ein vollständiger Aufschüttungskrater; die beiden kleinen Inseln gestalteten sich später als Vorgebirge von Nea Kameni durch die ausgeworfenen vulkanischen Massen. Der Ausbruch 1866 bis 1867 war noch merkwürdig durch die großartige Entwickelung der mannigfachsten Gasausströmungen. Der Absturz an der Vulkanseite der Insel ist 200 bis 300 m hoch.

b) Der Serapistempel bei Pozzuoli.

Das in Fig. 236 abgebildete Serapeum, der Serapistempel, wurde um 1750 ausgegraben. Der Hof ist von 48 Säulen aus Marmor oder Granit umgeben. Die Vorhalle wurde von sechs korinthischen Säulen, von denen drei stehen (ca. 12 m hoch), getragen. Die Mitte des Hofes enthält einen Rundtempel. Schon im Altertum muß eine Senkung stattgefunden haben, da unter dem jetzigen Niveau, in 1,8 m Tiefe, Mosaiken gefunden sind. Der untere Teil des Gebäudes war bis 3,9 m hoch verschüttet; die Bohrungen der Bohrmuschel, Lithodornus lithophagus sind in der Höhe von 2,9 m deutlich zu erkennen, so daß das Meer damals 6 m über dem jetzigen Niveau gestanden haben muß. Diese Senkung hat wahrscheinlich beim letzten Ausbruch der Solfatare 1198, wo die ganze Küste 11 m gesunken sein soll, stattgefunden. 1538 bei der Entstehung des Monte Nuovo ist Hebung eingetreten, während jetzt wieder Senkung stattfindet, ca. 2 cm im Jahr. In den Ruinen finden sich auch salzhaltige Mineralquellen. Der Boden war jüngst wieder mit Wasser

Zu Seite 434.

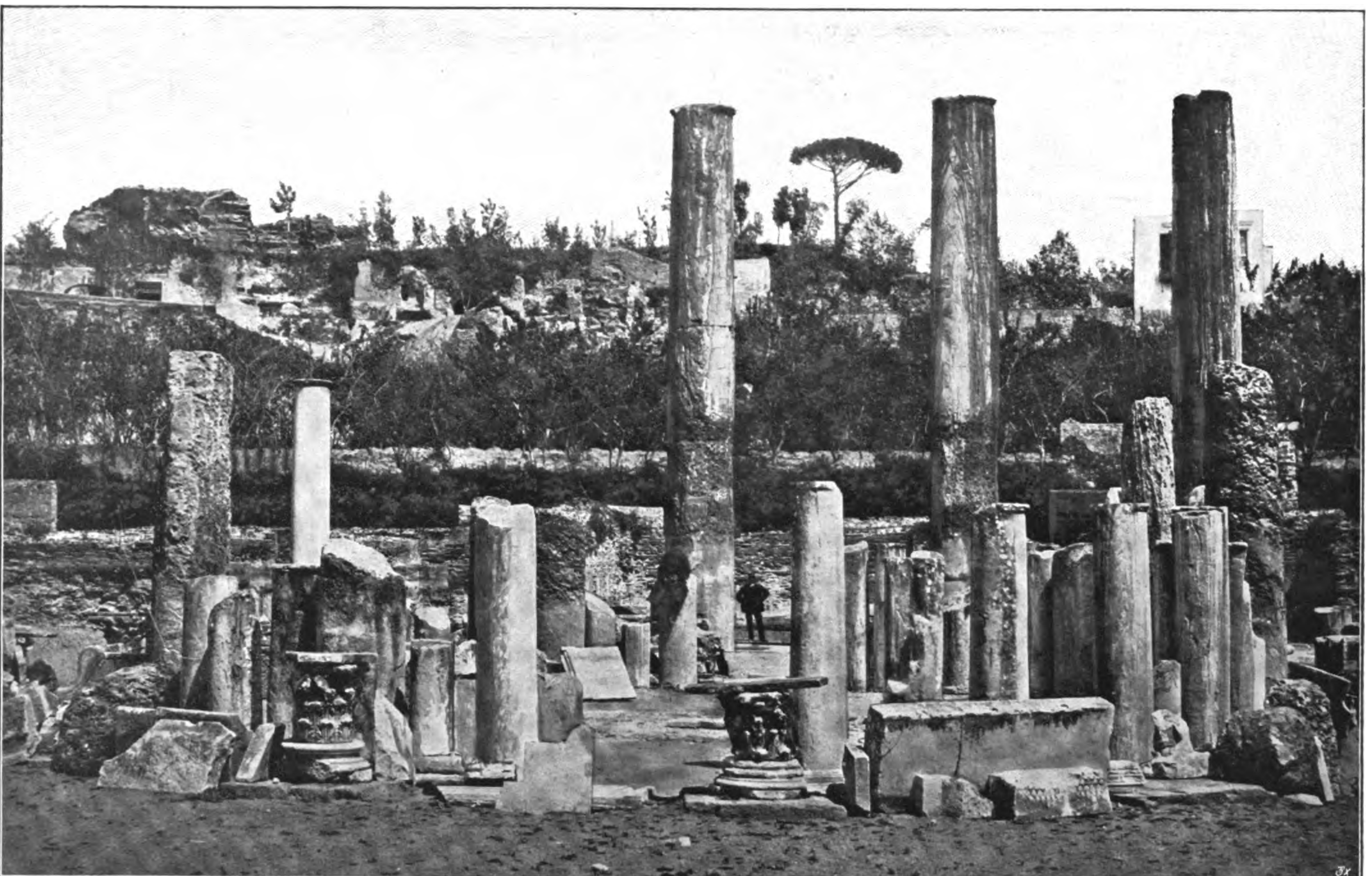


Fig. 236. **Der Serapistempel bei Pozzuoli.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von G. Sommer in Neapel.)

bedeckt, das man durch Aufschüttung zurückgedrängt hat. Hervorgehoben mag noch werden, daß manche behaupten, der ganze Raum sei künstlich mit Seewasser bedeckt gewesen und als Teich benutzt worden.

Fig. 235.



Die Insel Santorin.
(Nach Fouqué.)

c) Terrassen von Jlivertalik.

Die Strandverschiebungen und Terrassen der nördlichen Länder, Grönland, Norwegen, Schottland, wie sich eine solche in der Abbildung Fig. 237 (a. f. S.) dargestellt findet, hängen vielfach mit den großartigen Gletscherbildungen und -wirkungen der Eiszeit, der Diluvialepoche zusammen. Finden sich auf diesen Terrassen keine Meerestiere und sonstigen Spuren mariner Wirkungen, so werden die Bildungen nicht für Hebungen in Anspruch zu

nehmen sein, sondern sie sind aus Einwirkungen hervorgegangen, wie die Strandlinien der skandinavischen Halbinsel an der dem Meere abgewandten Seite, während an der dem Meere zugewandten Seite, so im Christianiafjord (166 m über dem Meeresspiegel) sogar Muschelbänke sich finden und die Strandlinien durch Hebung entstanden sein müssen; auch in Grönland sind Merkmale der Senkungen seit historischer Zeit vorhanden (das Fort von Igaljko ist jetzt z. T. mit Wasser bedeckt, vergl. oben). Allgemeine Schlußfolgerungen wie die, daß in den nördlichen und südlichen Gegenden Amerikas ein Ansteigen des Landes (Sinken des Wassers), in den Äquatorgegenden das Umgekehrte stattfinde, lassen sich noch nicht sicher ziehen.

Fig. 237.



Die Strandterrassen von Ilivertalik, Grönland.
(Nach einer Zeichnung von Kornerup.)

Freilich sind auch schon in historischer Zeit ganz bedeutende Änderungen in dem Besitzstand von Meer und Land eingetreten und es giebt kein näher liegendes Beispiel als das unserer Nordseeküste; fast ebenso bedeutend sind die Veränderungen an der norditalienischen Küste des Adriatischen Meeres von Aquileja bis Ravenna. Vielfach hat man abwechselnde Hebungen und Senkungen annehmen müssen, um einzelne Erscheinungen zu erklären. Welche Veränderungen auch durch nur geringe Verschiebungen im Niveau hervorgebracht werden, zeigt die einfache Überlegung, daß die Flußbettverhältnisse eines Stromes sich sofort ändern, sowie die Neigung eine andere wird (Selbsterhöhung des Flußbettes). Diese Veränderungen werden im folgenden bei einzelnen Abschnitten (Flüsse u. s. w.) wiederum berührt werden müssen.

d) Die Halligen.

Ganz bedeutende Veränderungen sind in historischer Zeit im Senkungsgebiet der deutschen Nordseeküsten vor sich gegangen. Durch die allmähliche Senkung waren die Küsten den Wogen der Nordsee mehr und mehr preisgegeben, der leichte Boden wurde fortgerissen und das Wattenmeer entstand.

Die Küstenveränderungen (vergl. Taf. V) sind vielfach durch plötzliche starke Fluten, die Sturmfluten, hervorgebracht; der Dollart hat (1287 und 1362) so seine Öffnung gefunden, ebenso der Jadebusen, der nach und nach durch mehrere Sturmfluten, hauptsächlich 1511 entstand, und der Zuydersee (Anfang des 13. Jahrhunderts); nur bei einem in Senkung begriffenen Lande sind solche Landabnahmen möglich. Das Gestein vom roten Kliff auf Sylt und die Felsen von Helgoland deuten uns die weiteste Uferlinie an und der Dünenzug Romö, Sylt, Amrum, Helgoland, ost- und westfriesische Inseln bis Texel zeigt uns, wie dieser Küstenschutz mannigfaltig durchbrochen ist. Wie flach die Überflutung des Landes ist, wird jedem unmittelbar vor Augen geführt, der die Veränderung des Landgebietes an unseren Nordseeküsten zu sehen Gelegenheit findet. Seit Anfang des 13. Jahrhunderts sind fast 200 Inseln, Halligen und Dörfer an der Küste von Schleswig zu Grunde gegangen, von den letzteren auch einige durch Sandbedeckung.

Bei der Ebbe ist das weite Wattenmeer zwischen Norderney und dem Festland, Amrum und Föhr bis zum Festland freigelegt, so daß man zu Fuß über den Meeresgrund die Inseln erreichen kann; grauer thoniger Schlickboden mit Überresten von Seeorganismen vereinzelt bedeckt und von den tieferen Rillen des Meeres durchfurcht, zeigt in der Nähe des noch vorhandenen Landes die Hauptschiffahrtskanäle, und nach wenigen Stunden wird das Ganze wieder mit Meer bedeckt, auf dem die einzelnen Inseln zu schwimmen scheinen. Bei jedem Wetter ergiebt sich ein Stimmungsbild, bei bewegter See und wolkenbedecktem, grauem Himmel ist der Gedanke, daß wir auf einem dem Untergange geweihten Stück Erde stehen, unabweisbar. Wenn nicht unsere Schutzmittel gegen die Naturgewalten angewendet werden, so werden in 200 Jahren von dem in Taf. V beigefügten Kartenbilde, das für einen kleinen Bezirk in anschaulichster Weise den Vorgang wiedergiebt[1]), nur noch kleine Reste jener Halligen Hooge, Oland, Langeneß übrig sein. Den alten Besitz wieder zu erobern und das Meer zurückzudrängen, wird in Holland und Deutschland mit Erfolg an verschiedenen Stellen versucht (Zuydersee, Dollart).

---

[1]) Eine Schilderung der nordfriesischen Inseln und der Landverluste ist gegeben von Ch. Jensen in Ovenum auf Föhr: Landverlust und Landgewinn an der schleswigschen Westküste, vergl. Globus, Bd. 67, Nr. 12, S. 181 bis 187, von woher auch die beigegebene Karte, Taf. V, übernommen ist. Dieselbe wurde mit Benutzung einer Manuskriptkarte, welche in der Ausstellung nordfriesischer Altertümer in Husum 1895 ausgelegt war, gezeichnet. Bei den untergegangenen Kirchen wurde das Jahr der Niederlegung, bei den Kögen das der Eindeichung angegeben. Die jetzigen Watten, Vorlands- und Halliggrenzen sind braun ausgeführt. Aus dieser Karte lassen sich alle Verhältnisse nach den in der Geologie gegebenen Andeutungen ablesen.

8. Zusammenfassung.

Faßt man alle diese bisher geschilderten Erscheinungen, die Vulkane, Erdbeben und Niveauverschiebungen gemeinschaftlich ins Auge, so drängt sich, wenn man die geologischen Verhältnisse unserer Gebirge und die Entstehung der Erhebung berücksichtigt, die Auffassung unmittelbar auf, daß diese Äußerungen der hypochthonen Kräfte eine gemeinschaftliche, eine identische Ursache haben. Es ist keine Frage, daß die Erde durch Erkaltung in ihren jetzigen Zustand übergegangen ist und daß noch alljährlich eine gewisse Menge von Eigenwärme der Erde durch Abgabe an den Weltraum verloren geht, daß der Erkaltungsprozeß also noch weiter andauert. Mit der Abkühlung mußte und muß noch eine Kontraktion, Zusammenziehung erfolgen, hierbei ist in früheren Perioden der Erdbildung durch seitlichen Druck ein Teil der Gebirge emporgeschoben (vergl. Orogenie, Gebirgsbildung), und man hat berechnet, daß bei nur 200° Abkühlung eine Gebirgsfaltung wie die der Alpen entstehen kann, — nimmt man 500° Abkühlung, so würde sich dadurch die Erhebung fast aller Gebirge der Erde erklären, während der Umfang sich nur um 360 000 bis 400 000 m, also noch nicht 1 Proz. verkleinert und der mittlere Erdradius nur wenig, um 57 000 m, verkürzt hätte. All die großartigen Bildungen der Kontinente mit ihren Erhebungen und Vertiefungen, die noch stattfindenden Änderungen durch Vulkane und Erdbeben haben wohl ihre gemeinschaftliche Ursache in der noch fortdauernden Zusammenziehung der Erdrinde und der dadurch bedingten Verschiebung, Faltung, Senkung und Hebung der Schichten und deren Neubildungen in den tiefsten Schichten an den Grenzen des Magma.

Nimmt man nun hinzu, daß diese Prozesse sich in großen Zeiträumen abgespielt haben, die freilich verschwindend sind im Vergleich zu den Zeiträumen, in denen sich die Welten aus dem Nebel bilden (vergl. Hypothesen in Teil III vorliegenden Werkes: Astronomie), und daß deren Bestimmung (Geogenie, vergl. später) Zahlen ergiebt, gegen die der geschichtliche Zeitraum (6000 Jahre) unendlich klein ist, und daß schon in den historischen Zeiten gewaltige Umbildungen und Verschiebungen von Wasser und Land stattgefunden haben, so ist man wohl zu der Behauptung berechtigt, daß die Kontinente früher andere Verteilung, andere Ausdehnung gehabt hatten. Gestützt wird diese Behauptung noch durch die Thatsache, daß jetzt durch Meere getrennte Teile verschiedener Kontinente Übereinstimmung in geologischer Beziehung und in der Fauna besitzen, daß die Reliktenseen (Kaspisches Meer, Eismeer) durch ihre Fauna zeigen, daß früher Verbindung mit den Oceanen vorhanden gewesen sein muß, und zwar vor verhältnismäßig noch nicht langer Zeit. Der Zusammenhang zwischen Europa und Afrika, sowie derjenige der skandinavischen Halbinsel mit Großbritannien und dem Kontinente mit Erstreckung bis Island, der der Balkanhalbinsel und Kleinasiens ist in jüngeren Epochen gelöst, während man für die Jurazeit einen sinoaustralischen Kontinent, einen brasilianisch-äthiopischen Kontinent, einen nearktischen Kontinent (ein großer Teil von Nordamerika und Grönland), einen indo-madagassischen (Madagaskar-Indien) und skandinavischen und turanischen Kontinent angenommen hat (vergl. oben S. 274).

Die eigentlichen vulkanischen Erscheinungen sowie die durch direkte Messungen bewiesene höhere Temperatur der Erdrinde führen sämtlich zu der Annahme eines bis auf mehrere 1000 Grad erhitzten Erdinnern, in dem entweder eine feurig-flüssige Masse (in einzelnen Ansammlungen oder im Zusammenhange) oder eine solche in Berührung mit wasserdurchtränkten Schichten besteht. Hohe Spannkraft (Druck) der Wasserdämpfe, Durchbrüche derselben, Verwerfungen im Erdinnern, Umsetzungen durch den Wasserdampf und Druckverhältnisse vermögen die meisten der erwähnten Erscheinungen befriedigend zu erklären.

Die Wirkungen dieser Erscheinungen sind fast durchweg hebende, wie bei den vulkanischen Aufschüttungen, den Hebungen, den heißen Quellen; in einigen Fällen senkende. Von den Erscheinungen früherer Epochen lassen sich auf Grund der heutigen Erscheinungen erklären:

Die zahlreichen Basalt- und Trachytkegel mit ihren lavaähnlichen Ergüssen ebenso wie die in Irland und Vorderindien massig auftretenden Basaltergüsse, die sich deckenartig über dem andern Material ausgebreitet haben. Durch Zertrümmerung, Fortschwemmung und Ablagerung des betreffenden Materials sind die betreffenden Tuffe (Basalttuff, Trachyttuff) und der Traß (Brohl am Rhein) entstanden; die Veränderungen der Gestalten der Kontinente durch Hebungen und Senkungen, die ganz allmählich, nur selten lokal und plötzlich, eintraten, in verschiedenen geologischen Epochen. Noch in der unserer Epoche vorhergehenden war das norddeutsche Tiefland mit Wasser bedeckt, eine Gesamthebung von etwa 31 bis 63 m reichte aus, um es zum Festland zu machen. Es war daher auch ein allmählicher Übergang der organischen Formen möglich.

Es lassen sich daraus erklären die Hebungen der Gebirge, die zum Teil dadurch entstanden sein könnten, daß feurig-flüssige Massen die abgelagerten Schichten empordrängten, zum Teil ohne sie zu durchbrechen, zum Teil dadurch, daß die Massen, auf langen Spalten hervorgepreßt, lange Gebirgszüge bildeten. Die Oberflächengestaltung wurde dann wesentlich beeinflußt durch die Erosion, also durch die Wirkung des Wassers. Die Spaltenbildung erfolgte an den Stellen des geringsten Widerstandes, daher vorzüglich in der Nähe der Meeresküsten (Norwegen, Alleghanies, Anden); der hierzu erforderliche Druck ergiebt sich aus der allmählichen Zusammenziehung der Erdrinde.

Erklären sich so aus den hypochthonen Kräften die Gestaltungen der Oberfläche im großen, so erklären sich aus den im folgenden zu besprechenden epichthonen (auf der Erdoberfläche wirkenden) Kräften, Wasser, Wind, Organismen, die Bildungen und Veränderungen auf der Erdoberfläche, denen weiterhin die Schilderung der Epochen, in denen der Mensch lebte, Diluvium, Alluvium, folgt.

B. Epichthone Erscheinungen.

(Veränderungen der obersten Schicht der Erdrinde durch Kräfte, welche nicht im Innern der Erde ihren Sitz haben.) Hydrodynamische und hydrochemische Wirkungen, Veränderungen der Lithosphäre.[1])

1. Wirkungen des Meteorwassers und der Atmosphärilien.

Verwitterung, Erosion (Ausnagung), Abrasion (Gleichmäßige Abspülung von größeren Flächen — Abschabung).

Weit eingreifender, wenn auch weniger auffallend als die im vorigen Abschnitt erörterten Erscheinungen sind die Wirkungen, welche das Wasser an der festen Erdrinde hervorbringt. Da diese Wirkungen seit vielen Jahrtausenden andauern, so haben sie im wesentlichen der Erde die jetzige Oberflächengestaltung gegeben, selbst das Relief der Gebirge ist durch sie bedingt.

Das Wasser findet sich in allen drei Aggregatzuständen in der Natur. Als festes Wasser, Eis und Schnee, bedeckt es die höchsten Gipfel und Plateaus aller Zonen: Gletschereis, Grundeis, Randeis, Firn; je näher wir den Polen kommen, desto tiefer erstreckt sich die Schnee- und Eisbedeckung und nähert sich mehr und mehr dem Meere. In mächtigen Eisströmen dringt es in das Meer hinein und dieses selbst ist zum Teil mit Eismassen bedeckt: Treibeis, Eisberge, Packeis.

Im flüssigen Zustande finden wir es als Meteorwasser (Regen, Schneewasser, Tau), als Quell-, Fluß-, Landsee- und Meerwasser, mit den verschiedensten Beimengungen und mit gelösten Stoffen der verschiedensten Natur, unter denen sich stets die Bestandteile der Luft, Kohlensäure, Sauerstoff, Stickstoff, und gewöhnliche mineralische Stoffe (z. B. Kalksalze), mit denen das Wasser in Berührung kam, finden.

Im gasförmigen Zustande (Wasserdampf) ist es stets der Luft beigemengt, in sehr verschiedener Menge (Feuchtigkeit der Luft). Bei der Abkühlung geht das unsichtbare Gas in den Nebelzustand (Wolken, Nebel) über, weitere Verdichtung (Kondensation) führt zur Regen- und Taubildung, Abkühlung unter Null Grad zur Schnee-, Hagel-(Graupel-), Reifbildung.

Die Wirkungen des Wassers lassen sich so in Anschluß an die verschiedenen Aggregatzustände gruppieren, wobei selbstverständlich bei den Wirkungen des festen Wassers die des flüssigen u. s. f. mit vorhanden sind, ebenso wie die des gasförmigen, da fast fortwährend eine Schmelzung stattfindet (Gletscherwasser), immer aber Verdunstung; auch Eis und Schnee verdunsten.

Das Wasser wirkt:

A. Rein mechanisch, — durch Lostrennung von Teilchen und Fortführung derselben, sowie dadurch, daß dieselben schwebend (suspendiert) in

[1]) Man hat wohl das Erdganze in verschiedene Sphären (von σφαῖρα = sphaira, Kugel), Gebiete, Kreise geteilt: Atmosphäre, Hydrosphäre (Wasserhülle), Lithosphäre (Gebiete der Gesteine, feste Erdrinde), Pyrosphäre (Feuersphäre, Gebiet des Erdinnern); Biosphäre (Gebiet der Lebewesen).

dem Wasser erhalten bleiben und sich unter gewissen Bedingungen wieder zu Boden setzen (sedimentieren).

B. Physikalisch, — einerseits durch Auflösung fester Bestandteile, ohne daß dabei eine Veränderung des Stoffes derselben erfolgt. Bei Vergasung (Verdampfung) des Wassers, unter Umständen auch durch Abkühlung, scheiden sich die gelösten Stoffe wieder ab (Auflösung von Steinsalz, Gips in Wasser). Fast alle in der Natur in größerem Maße vorkommenden Körper sind, wenn auch zum Teil nur spurenweis, in sehr geringem Grade, im Wasser löslich, viele namentlich unter Beihülfe der Atmosphärilien (Kohlensäure, Sauerstoff). — Andererseits durch den Übergang aus dem flüssigen Zustand in den festen, da dabei sich das Wasser um ungefähr $^1/_9$ ausdehnt (1 ccm Wasser von 0° giebt beim Gefrieren 1,102 ccm Eis; specifisches Gewicht des Eises 0,91).

C. Chemisch-physikalisch, — dadurch, daß Körper entweder Verbindungen mit dem Wasser eingehen oder durch Mitwirkung der Bestandteile der Luft in neue Körper übergeführt werden, die sich im Wasser lösen. Bei Veränderung der Beschaffenheit des Wassers können sich diese daraus ausscheiden.

Da das Wasser die meisten Körper der Erde benetzt, vermag es in die feinsten Spalten, Ritzen und Kanäle der Erdrinde und der einzelnen Gesteine einzudringen und überall zerstörende Wirkungen auszuüben (Sickerwasser, Porosität der Gesteine des Bodens).

Die allgemeinen physikalischen Gesetze, nach denen diese Erscheinungen vor sich gehen (Haarröhrchen-, Kapillarwirkungen, Gesetz der Erhaltung des Niveaus der kommunicierenden Gefäße, mechanische Kraft des strömenden Wassers, hydrodynamische Wirkungen u. s. w.), werden in der Physik besprochen und hier nur so weit mit berücksichtigt, als sie in direkter Beziehung zur Geologie stehen oder als allgemein bekannt vorausgesetzt werden können. Die lostrennende und transportierende, fortschaffende Kraft des Wassers ist um so größer, je größer die wirkende Wassermasse ist und je schneller dieselbe strömt (dem Quadrat der Geschwindigkeit proportional). Die Strömungsgeschwindigkeit aber ist von der Neigung des Strombettes oder Wasserlaufs bedingt. Dieselbe ist meistens gering, wenn die Wasserläufe die Gebirge und ihre Abhänge verlassen haben.

Nach jedem Regenschauer kann man auf einem freien Stück Land mit etwas festerem Untergrund beobachten, daß das Regenwasser in kleinen Gerinseln trübe abläuft, nach den tieferen Stellen zu und daß dort sich unter Klärung die festen Bestandteile zu Boden setzen, während ein anderer Teil des Wassers sofort in den Boden einsickert.

In ruhendem Wasser setzen sich von den schwebenden Teilchen diejenigen zuerst zu Boden, welche die größte Masse besitzen, während fein zerteilte Stoffe wochenlang in ruhendem Wasser suspendiert bleiben können (fein zerriebene Kreide, Thon, Schlamm u. s. w.); bisweilen wird auch schnelleres Sedimentieren dadurch veranlaßt, daß das Wasser gewisse Salze (Magnesiasalze) gelöst enthält, so daß das Meerwasser dem Flußwasser beigemengt, eine klärende Wirkung ausübt. Wenn Wasser mit suspendierten Substanzen durch poröse Körper (Filtrierpapier, Sandschichten, Kies, Grant) hindurchdringt, so werden

die festen Substanzen zurückgehalten. Immer aber geht die Absetzung um so langsamer vor sich, je bewegter das Wasser ist, die feinen Teilchen (Schlammteilchen) werden von den Wasserläufen oft bis weit hinaus in das Meer fortgeschleppt; das Wasser der großen Ströme macht sich noch auf weite Strecken hin bemerkbar (Kongo bis 40 Seemeilen, d. i. 74 km).

Mit diesen Wirkungen sind unmittelbar verbunden die der Lösung; fast alle Körper der Erdrinde werden vom Wasser in geringerer oder größerer Menge aufgelöst; solche, die nur spurenweis sich lösen, nennt man gewöhnlich unlöslich (Baryt), andere sind schwer löslich (Gips), viele leicht löslich (Kochsalz, Bittersalz oder schwefelsaure Magnesia). Eine gewisse Gewichtsmenge Wasser vermag bei bestimmter Temperatur immer nur eine bestimmte Gewichtsmenge fester Substanz zu lösen, z. B. 100 g Wasser bei 20° 36 g Kochsalz, mit steigender Temperatur nimmt die Löslichkeit der Salze fast immer zu (beim Kochsalz sehr wenig, beim Gips wird die Löslichkeit geringer), bei sinkender ab. Durch Filtrieren läßt sich der gelöste feste Körper nicht entfernen, beim Verdampfen, Verdunsten des Wassers bleibt er zurück[1]). Manche im Wasser gelöste Stoffe vermögen die Löslichkeit anderer zu begünstigen und zu erleichtern, so namentlich Kohlensäure die Löslichkeit des kohlensauren Kalks (Kalksteins), indem sich sogenanntes saures Calciumkarbonat bildet.

Auch die Gase sind sämtlich mehr oder weniger im Wasser löslich. Eine bestimmte Menge Wasser vermag bei einer bestimmten Temperatur auch eine bestimmte Menge Gas aufzulösen (100 Raumt. Wasser bei 0° 1,5 Raumt. Kohlensäure); die Löslichkeit des Gases nimmt ab mit steigender Temperatur (100 Raumt. Wasser bei 16° C. nur 1 Raumt. Kohlensäure); daher findet sich in allem Wasser in der Natur Sauerstoff, der sich leichter als Stickstoff löst, sowie Stickstoff, Kohlensäure gelöst.

Der Druck, unter welchem ein Gas steht, hat in der Weise Einfluß auf die Löslichkeit, daß die Flüssigkeit stets dasselbe Volum Gas aufnimmt, wenn dasselbe auch unter größerem oder geringerem Drucke steht, so daß bei einem Drucke, der drei- oder viermal so stark ist als der gewöhnliche Druck der Atmosphäre, auch drei- oder viermal so viel Kohlensäure aufgenommen wird; so nimmt 1 Liter Wasser bei 16° C. und dem Drucke von 2 Atmosphären 2 Liter, die bei diesem Drucke auf 1 Liter zusammengepreßt sind, auf. Aus einer solchen Gaslösung wird daher das Gas an der Luft bei gewöhnlichem Druck wieder entweichen.

Dazu kommt nun die physikalisch-chemische Lösung. Kohlensäurehaltiges Wasser vermag nicht nur das Calciumkarbonat (vergl. oben), sondern auch andere kohlensaure Salze aufzulösen, so Eisenoxydulkarbonat. Beim Entweichen der Kohlensäure setzen sich die kohlensauren Salze wieder ab; im gegebenen Beispiel oxydiert der Sauerstoff, der gleichzeitig im Wasser gelöst ist, das Eisensalz und es bilden sich ockrige, rötlichgelbe oder rote Absätze, die

[1]) Manche poröse Körper haben die Fähigkeit, auch aus Lösungen die festen Stoffe in ihren Poren zurückzuhalten, z. B. Holzkohlen, plastische Kohlen, so daß beim Filtrieren durch solche Körper zugleich eine Reinigung des Wassers erfolgt.

Zu Seite 443.

Fig. 238 A.

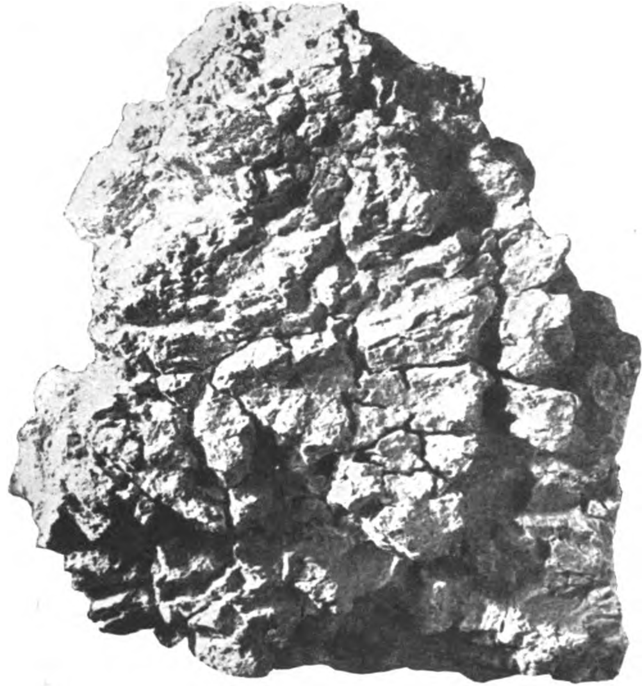
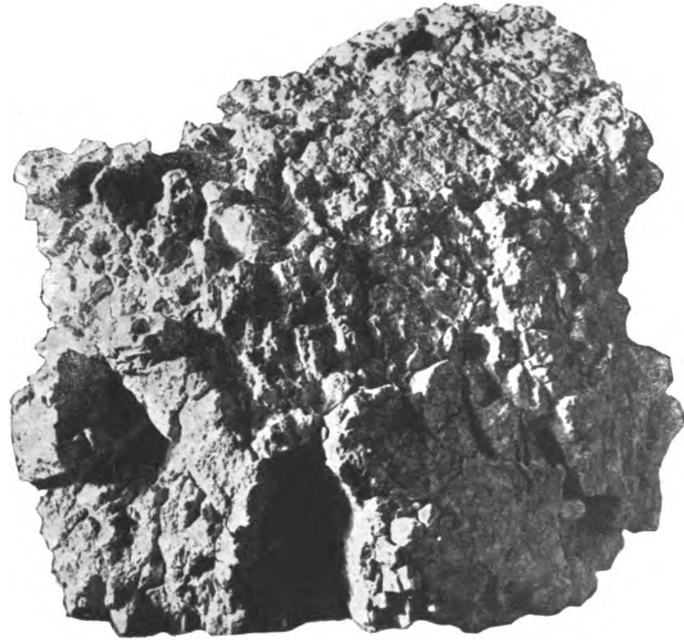


Fig. 238 B.



Verwitterung eines Gipsblockes.
(Nach der Natur.)

im wesentlichen aus Eisenhydroxyd (vergl. Chemie, S. 365; Sumpferze, Bohnerze, Moorerze, vergl. Mineralogie, S. 86) bestehen; so ist auch wohl der Eisengehalt vieler Sedimentgesteine zu erklären; in vielen Fällen wirken dabei auch Algen (Crenothrix), verwesende Pflanzenteile und überhaupt Organismen oder ihre Reste begünstigend mit, hier und bei den anderen Stoffen, z. B. der gelösten Kieselsäure. Noch tiefer eingreifende Umänderungen vermag das Kohlensäure haltende Wasser hervorzubringen: viele Silikate, so namentlich der für sich und in Gesteinen häufig als Gemengteil vorkommende Feldspat, werden zersetzt, so daß sich Karbonate bilden und Kieselsäure oder Silikate zurückbleiben (Bildung der Thone). Auch dadurch, daß viele Körper Wasser aufzunehmen oder abzugeben vermögen, wobei Wasserdampf, Kohlensäure u. s. w. mitwirken, entstehen die mannigfaltigsten, oft freilich nicht sehr auffälligen Umänderungen an der festen Erdrinde.

Alle diese Wirkungen lassen sich leicht durch Experimente auch unmittelbar zur Anschauung bringen. Die Bildung der Schichten läßt sich leicht vorführen, indem man in 3 bis 4 dcm hohe, 8 cm weite Cylinder geeignetes Material zur Suspension bringt, z. B. Kies, groben Sand, Schlemmkreide, fein zerriebenen Thon; die Materialien setzen sich in scharf getrennten Schichten zu Boden; man kann durch die Materialien, die wir im Boden selbst finden, so direkt die Art und Weise, wie sich der Boden gebildet hat, nachweisen; auch die Gesetze der Lösung lassen sich leicht darlegen. Löst man kohlensauren Kalk in Sodawasser, so erhält man nach langem Stehen Absätze von Calciumkarbonat künstlich, die wir in der Natur als Kalksinter, Kalktuff, Sprudelstein beobachten.

a) Eigentliche Verwitterungserscheinungen.

Im Folgenden sind nur die Hauptgruppen der Veränderungen berücksichtigt.

Alle Gesteine erfahren an der Erdoberfläche eine Umänderung, die entweder in einer Auflockerung und teilweisen Fortschwemmung besteht oder in einer chemischen Umänderung, die meist mit Veränderung der Farbe und Verwischung besonderer Merkmale verbunden ist (Verwitterungsrinde, Verwitterungskruste). Dadurch wird die Oberfläche uneben, sie erhält abgerundete Erhöhungen und Vertiefungen und die vorspringenden scharfen Kanten verschwinden. Die Stellen, welche am widerstandsfähigsten sind, werden diesem Einfluß am wenigsten unterliegen und dadurch können bei den Wirkungen in langen Zeiträumen die mannigfaltigsten und sonderbarsten Oberflächenformen entstehen. Auch wird hier die Bedeckung des Bodens und seine sonstige Beschaffenheit, Porosität und Zerklüftung Einfluß haben. Die losgetrennten Stücke, die durch die Zerbröckelung entstehen (Sand, Grus, Kies, Geröll, Schotter), werden beim Transport sich nach den Gesetzen der Sedimentierung absetzen, aber ebenso an der Oberfläche durch gegenseitiges Abreiben sich abschleifen (das durch Wasser erzeugte Geröll zeigt abgerundete Formen, Kiesel). Auch das härteste Gestein vermag diesen Einwirkungen nicht zu widerstehen, die immer noch durch die lösende und die chemische Wirkung unterstützt werden können, und so geht, da diese Prozesse auch in den obersten Schichten der

Erdrinde stattfinden, dieselbe einer allmählichen Zerbröckelung entgegen. In den Ländern, in denen Temperaturen unter Null häufig sind, wirkt die Entstehung von Eis mit auf die Sprengung der Gesteine. Dieselben enthalten feine und gröbere Spalten, beim Gefrieren dehnt sich das darin befindliche Wasser mit großer Kraft aus, die Spalten erweitern sich, beim Auftauen füllt das Wasser die Klüfte nicht mehr aus, es tritt neues Wasser hinzu, und so beobachtet man, daß im Frühjahr die Verwitterung besonders schnell vor sich geht, da die Thätigkeit des Wassers jetzt mehr Spalten und Öffnungen, die durch die sprengende Kraft des Eises entstanden sind, vorfindet.

Fig. 239.



Künstliche Verwitterung einer Austernschale (Calciumkarbonat, Chemie S. 244).

Die so stattfindende Oberflächenentfernung im großen hat man Denudation, den Vertiefungen hervorbringenden Prozeß Erosion, die Abnutzung an Ufern und Flächen Abrasion genannt.

In der umstehend beigefügten Abbildung (Fig. 238 *A*, *B*), die einen verwitterten Gipsblock darstellt, treten die Ausnagungen, Zerklüftungen, Abrundungen und Absonderungen deutlich hervor, während die nebenstehende Abbildung (Fig. 239) zeigt, wie sich solche Erosionen im kohlensauren Kalk künstlich in verhältnismäßig kurzer Zeit hervorrufen lassen. Die Schalen wurden in feuchtes Erdreich gelegt, das den Meteorwässern ausgesetzt war und von Zeit zu Zeit mit kohlensaurem Wasser befeuchtet wurde. Die Gebilde waren sehr verschiedenartig. Die Verwitterung geschah nur an der äußeren Schale, bei einigen erfolgte ein Abbröckeln der äußeren Schicht, bei anderen entstanden mehr oder weniger zahlreiche Vertiefungen, wie die Abbildung zeigt. Die Schalen waren schräg in die Erde gesenkt und wurden ungefähr zwei Jahre

in der obersten Schicht des Erdreichs belassen. Auf Kalksteinplateaus werden durch jahrhundertelange Einwirkung Vertiefungen der verschiedensten Art entstehen können: Karrenfelder, Schratten u. s. w.

Wenn Gesteine (Gips), die verhältnismäßig leicht löslich sind, die Erdoberfläche bilden, so treten diese Wirkungen neben den mechanischen in den Vordergrund.

Die Gipsgebirge sind durch zahlreiche enge Schluchten und Kanäle durchsetzt (Schlotten); bei den Kalksteingebirgen findet durch den starken Kohlensäuregehalt des Meteorwassers eine reichliche Auflösung statt und es entstehen sowohl in Höhlungen Neubildungen als auch im Gebirge die mannigfachsten Hohlräume. Es kann die Zerklüftung und Lösung des Gesteines so weit gehen, daß vollständige unterirdische Flußnetze entstehen und ein Strom in der einen Stelle in das Gebirge hineintritt, an einer anderen wieder der Oberfläche entlang fließt, wie es häufig im Karst der Fall ist (die Reka hat von S. Canzian an einen fünf Meilen langen unterirdischen Lauf und tritt als Timavo bei S. Giovanni aus, kurz vor ihrem Eintritt in das Adriatische Meer); auch im Jura u. a. O. sind ähnliche Verhältnisse bekannt (Quellen der Orbe, Wassertrichter im Lac de Joux). Viele Schwefelmetalle (vergl. Verwitterungen in den Erzgängen, S. 146 ff.) und namentlich auch die Kali- oder Natronsilikat enthaltenden Mineralien unterliegen eingreifenden Änderungen, die ersteren werden zu Sulfaten, die letzteren verlieren ihr kieselsaures Alkali unter Abscheidung von Kieselsäure. Neubildungen mannigfacher Art: Überzüge, Inkrustationen, ockrige Absätze, neogene Gesteine können dadurch entstehen; in vielen Fällen helfen, wie erwähnt, dabei auch kleine Organismen mit.

Aus der Fülle und der Mannigfaltigkeit dieser Erscheinungen mögen nur einige hervorgehoben werden. Allgemein bekannt sind sie immer nur geworden, wo sie etwas besonders Auffallendes darbieten, und doch lassen sie sich überall beobachten, ja künstlich im kleinen hervorrufen. Das geologische Experiment beweist überall die Richtigkeit der verschiedenen Erklärungen.

b) Einzelerscheinungen (Wirkung der Atmosphärilien).

Die oberste Schicht aller Gesteine ändert sich nach nicht langer Zeit so um, daß das Aussehen der Oberfläche unscheinbar, grau, rötlichgrau wird; beim Lostrennen einzelner Stücke erkennt man die Verwitterungskruste (-rinde) und das Eindringen von Wasser in feinen Kanälchen (Dicke wenige Millimeter bis einige Centimeter). Zugleich findet eine Ansiedelung von Organismen statt, die die Oberflächenzersetzung einleiten und begünstigen (Flechten).

Es ist von großem Interesse, die Verwitterungsvorgänge, die so unscheinbar sind, und doch am mächtigsten wirken, an einzelnen Gesteinsstücken zu verfolgen. Die Geschiebe, Gerölle unserer norddeutschen Tiefebene, die sich in Sand, Lehm u. s. w. eingebettet finden, zeigen dies jedem Beobachter, die graue, gelblichgraue, weiße, rötlichgraue Verwitterungsrinde läßt alle Gesteine an der Oberfläche unscheinbar erscheinen. Durchschlägt man das Gesteinsstück, so sieht man, wie von der äußersten lockeren Rinde aus die Verwitterung nach innen allmählich vorgeschritten ist; selbst Gesteine, die gar nicht porös

oder krystallinisch sind, zeigen diese Erscheinung; der Feuerstein ist mit einer weißlich gelben Kruste bedeckt; der Körper, welcher den Feuerstein färbt, ist organischer Natur und wird zerstört; man sieht unter dieser Kruste häufig eine hellere, graue, ganz schmale Übergangszone. Diese Vorgänge bei den verschiedensten Gesteinen zu verfolgen, ist auch deshalb von Wichtigkeit, weil man daran erkennt, daß auch die unmittelbare Umgebung für die Verwitterung mit in Betracht kommt.

Nach und nach, durch Absterben und Zersetzung der Überreste von angesiedelten Organismen, Auflockerung und Zerbröckelung der Oberfläche bilden sich erdige Massen, die man Humus nennt, wenn sie der Vegetation zur Entwickelung dienen können. Der so sich bildende Boden ist überall anders beschaffen (Lehmboden, Sandboden, Moorboden), soll er aber fruchtbar sein, so müssen organische Substanzen neben den unorganischen Stoffen zugegen sein (Waldboden, Ackererde, Thonboden). Wenn die Humusschicht gering ist oder ganz fehlt, kann Pflanzenwuchs sich nicht entwickeln (viele Teile der Apenninnen, der Karst, Sandwüsten, Steinwüsten in der Sahara). Unorganische Bestandteile, die man überall findet, sind Kalk[1]), Sand (Kieselsäure), Thon und Eisenhydroxyd, auch Gips (schwefelsaurer Kalk) und Magnesiasalze.

Daneben finden sich noch Salze der Alkalien und zwar diese wie auch das Calciumoxyd und die Magnesia, gebunden an Kieselsäure, Phosphorsäure, Kohlensäure, Schwefelsäure; auch die Chlorverbindungen sind vorhanden. Organische Stoffe finden sich stets (Humussäure, Ulminsäure), dann auch Wasser, Ammoniak und die Luftbestandteile (Kohlensäure, Sauerstoff und Stickstoff). Da das Gedeihen der Pflanzen von der Beschaffenheit des Bodens abhängt und auch die Kulturpflanzen nur gedeihen können bei bestimmter Bodenbeschaffenheit, müssen die Bestandteile, welche die Pflanze zur Ernährung benutzt hat, dem Boden künstlich wieder zugeführt werden (künstliche Düngung). Auch der fruchtbarste Boden ist ohne richtige Behandlung nach nicht zu langen Perioden der Benutzung unbrauchbar. Der Ackerbau muß jetzt die Lehre von der Bodenkultur wissenschaftlich verfolgen, die Naturwissenschaften, Agrikulturchemie und Agronomie sind für den Landwirt unentbehrlich geworden.

Diese so unscheinbare Verwitterung ist die zerstörendste Kraft an der Erdoberfläche, unsere Gebäude zerfallen durch sie in wenigen Jahrhunderten und die freigelegenen Grabstätten zeigen nicht nur die Vergänglichkeit des Organischen, auch das Unorganische wird in seinem Zusammenhange getrennt und nach wenigen Jahrzehnten sind die eingemeißelten Inschriften der Gedenksteine unserer Toten verwischt, auch das Unorganische im Organischen, die Knochen, verwittern im feuchten Erdreich, denn die Luft dringt auch in die obersten Bodenschichten ein, wie überhaupt in alle Ritzen, die mit der Atmosphäre in Verbindung stehen. Die meisten Grabsteine bestehen aus Kalkstein (Marmor), Syenit, Granit, in neuerer Zeit auch Labrador, früher wurde besonders Sandstein und Marmor genommen. Man hat aus Beobachtungen bei Marmorplatten gefunden, daß sie in einem Jahrhundert vollständig zerstört werden.

[1]) Da Calciumoxyd CaO in der Natur nicht vorkommt, ist in der Geologie das Wort Kalk für kohlensauren Kalk, Calciumkarbonat, im Gebrauch (vergl. auch S. 98).

Das Klima ist dabei wesentlich. Bei der Feststellung des Alters von Denkmälern kommt die Verwitterung wesentlich mit in Betracht. Archäologie und Kunstgeschichte bedürfen der geologischen Forschung und Messung. Es sollten viel häufiger Beobachtungen über Verwitterungsgeschwindigkeiten gemacht werden, als bisher. Wenn auch keine allgemeinen Thatsachen gewonnen werden können, so haben doch die Einzelheiten Anhaltspunkte für allgemeine Verhältnisse gegeben.

α) Sand und Thon.

Der Sand ist durch Zertrümmerung quarzführender Gesteine oder durch Zertrümmerung des Sandsteins entstanden. Oft enthält er daher noch andere Beimengungen (Glimmer, Erzteilchen oder auch die Bindemittel des Sandsteins, Thon und Kalk). Ein großer Teil der Erdoberfläche ist mit Sand bedeckt (ca. 7 500 000 qkm), und wo er nicht verfestigt ist, kann er, durch die Luftströmungen fortgetrieben, manche eigentümliche Bildungen veranlassen (äolische Bildungen, vergl. später). In ähnlicher Weise wie der Sand, d. h. durch Verwitterung sind z. T. Kies, Grant, Schotter, Grus, Geröll entstanden. Auch die vulkanischen Produkte haben zerteilte Massen verschiedener Stückgröße gegeben (vulkanischer Sand, Lapilli, dem Kies entsprechend, vulkanisches Geröll). —

Eine der wichtigsten Umbildungen, die die Verwitterung herbeiführt, ist die Thonbildung. Der Thon besteht aus wasserhaltigem Aluminiumsilikat mit mehr oder weniger Beimengungen (Chemie, S. 259, 267 und Mineralogie, S. 178), er ist dann rein weiß, die graue Farbe wird durch etwas Eisenoxydoxydul, die gelbliche bis braune durch Eisenhydroxyd bedingt. Kalk und Sand sind häufig beigemengt, auch Teile des ursprünglichen Gesteins, aus dem der Thon entstand. Man kann die Verwitterungsprozesse, durch welche die Thone entstanden, noch in der Natur verfolgen. Feldspat und feldspatführende Gesteine sind das Material für die Thonbildung:

Alle Feldspate bestehen aus Kieselsäure, Thonerde, Kali, Natron oder Kalk (Kalifeldspat, Orthoklas [65,2 Proz. Kieselsäure, 18,1 Proz. Thonerde, 16,7 Proz. Kali] — Natronfeldspat, Albit und Oligoklas; Kalk-Natronfeldspat, Labrador, vergl. Mineralogie S. 116); sie werden von dem kohlensäurehaltigen Wasser so angegriffen, daß kohlensaures Kali entsteht, welches fortgeführt wird, ebenso wie ein Teil der Kieselsäure, die sich löst (1 Teil in 10 000 Teilen Wasser), während kieselsaure Thonerde mit Wasser verbunden zurückbleibt (Kaolin). Wird diese Masse fortgeschlemmt und wieder abgesetzt, so entstehen Thonlager. Bei dem Transport werden sich die mannigfachsten Stoffe beimengen. Ebenso werden alle granitischen und porphyrischen Gesteine zur Thonbildung und Bildung von Alkalisalzen, die gelöst werden, beitragen. Hierbei zerfällt das Gefüge und die schwer verwitterbaren Bestandteile, Quarz, Glimmer, bleiben als Grus, Granitkies, übrig. Den Thonen, die durch weiteren Transport entstanden sind (an sekundärer Lagerstätte), ist also oft Sand beigemengt (Lehm, Letten), oder kohlensaurer Kalk (Mergelthon, Löß, kalkhaltiger, oft auch sandiger Thon). — Kaolin $Al_2\,O_3\;2SiO_2 + 2H_2O$ — das Material für die Porzellanfabrikation, findet sich bei Aue bei Schneeberg,

St. Yrieix bei Limoges (für Sèvres), St. Stephans bei Cornwall, Seilitz bei Meißen (für Meißen), Rasephas bei Altenburg, Morl und Trotha bei Halle (für Berlin), Obernzell bei Passau, Wegscheid (für Nymphenburg), Brandis in Mähren u. a. a. O.

Auch Hornblende, Augit und die feldspathaltigen Gesteine wie Trachyt und basaltische Laven verwittern in ähnlicher Weise und geben dann Produkte, die den Namen Traß (bei Brohl a. Rh.), oder auch wohl Tuff, Cementthon u. s. w. führen (vergl. Mineralogie, S. 176).

β) Verwitterungen in Gipsgebirgen.

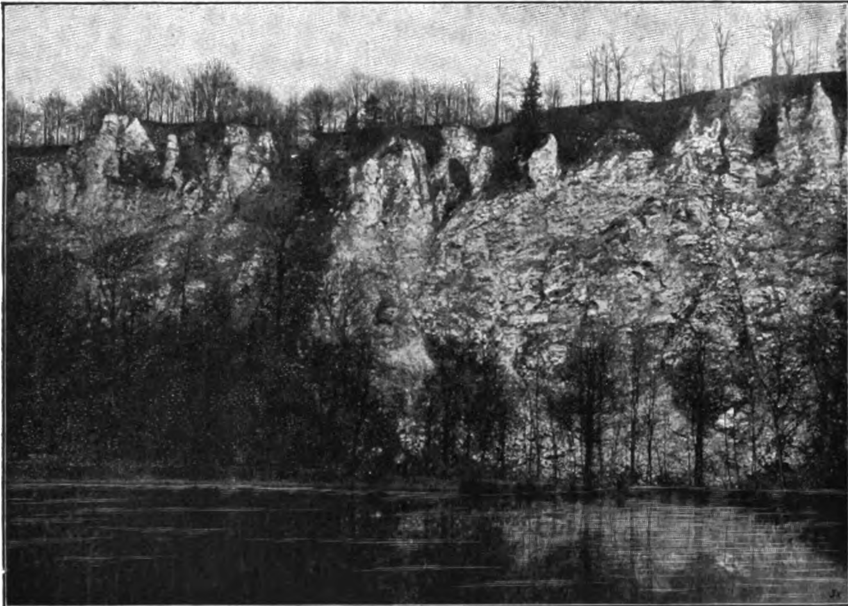
Der schwefelsaure Kalk kommt in der Natur als Gips ($CaSO_4 + 2H_2O$) und Anhydrit ($CaSO_4$) (vergl. Mineralogie, S. 105) vor. Ein Teil Gips löst sich bei 0° in 415 Teilen Wasser, die Löslichkeit nimmt dann zu und bei höherer Temperatur wieder ab, bei 32° bis 41° braucht ein Teil Gips nur 368 Teile Wasser (bei 18° 386 Teile Wasser); der Anhydrit ist schwerer löslich, — 1 Teil löst sich bis 18° in 488 Teilen Wasser; — er geht allmählich durch Aufnahme von Wasser in Gips über. Die Einwirkung beginnt schon nach 8 Tagen und es tritt bei völliger Umwandlung ein Volumzuwachs um ein Drittel ein, so daß 1 cbm Anhydrit als Gips 1330 cdm einnimmt. Gegenwart von anderen Salzen beeinflußt diese Verhältnisse. Bei Gegenwart von Natriumchlorid $NaCl$ scheidet z. B. der Gips als Anhydrit aus.

Infolge der Wasseraufnahme wachsen in Steinsalzbergwerken die Anhydritschichten und verengen die Stollen oder schließen sie (Aufblähen der Anhydritschichten bei Bex). Der Gips im Zechstein am Südharz bei Rottleberode bis Sachsa zeigt die einzelnen Verwitterungsformen der Gipsgebirge in interessanter Weise. Gipsschlotten, enge Gänge und schornsteinartige Klüfte sind zahlreich vorhanden, die zu kalten und warmen Luftzügen Veranlassung geben (Windlöcher). Höhlungen und Erdfälle, die durch Einsinken der Decken von Höhlungen im Innern entstehen, finden sich sehr häufig, oft sind diese mit Wasser gefüllt. Die im Gipsgebiet des Südharzes (Zechstein, Dyas) befindlichen zahlreichen kleinen Seen (Walkenrieder Teiche, Itelteich), oft von kreisrunder Gestalt, sind durch Erdfälle entstanden, ebenso die sogenannten Teufelslöcher. Das Wasser in diesen Erdfällen ist von großer Tiefe und verhältnismäßig kühl.

Der als Beispiel angeführte Itelteich, Fig. 240, bietet nicht nur eines der schönsten Landschaftsbilder, sondern auch ein Beispiel der dort in der älteren Gipsformation so häufigen Einsturzseen. Die Seen am Nixey und andere kleine Seen und Teiche am Südharz im dortigen Gelände, sind ebenfalls Beispiele dafür. Wie stark das Eindringen der Gewässer in dortiger Gegend ist, zeigt sich in der trockenen Jahreszeit, in der fast alle Gewässer zwischen den Flüßchen Steina und Zorge versiegen. Die Gewässer sammeln sich unterirdisch und dringen östlich in einem Thale von Klettenberg und der Salza (südlich vom Kohnstein) nieder. Oft sind diese Gewässer, die wenn auch nicht unergründlich, doch sehr tief sind, mit üppigen Wucherungen von Sumpfpflanzen am Rande bedeckt und von Waldungen umgeben, die im

Kontrast mit den schroff abfallenden weißen Gipsfelsen Naturmerkwürdigkeit und landschaftliche Schönheit mit einander vereinen (Naturdenkmäler). Dicht beim Itelteich mündet ein Tunnel, bei dessen Bohrung die Himmelfahrthöhle entdeckt wurde. Wenn bei den Erdfällen ein Teil der Wölbung stehen bleibt, so entstehen höhlenartige Vertiefungen, angefüllt mit klarem, tief blau-grünem Wasser; das berühmteste Beispiel ist die Kelle, eine Höhle, die im 18. Jahrhundert aufs wunderbarste geschildert wurde und die durch den Dichter

Fig. 240.



Itelteich bei Walkenried am Harz.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

Göckingk (1770, Verfasser der Sinngedichte), der sie sich zu einem phantastischen Eingang zur Unterwelt ausschmückte, allgemein bekannt wurde.

Die in der folgenden Fig. 241 (a. f. S.) wiedergegebenen Zwerglöcher bei Walkenried-Ellrich sind dadurch entstanden, daß der tiefer liegende Anhydrit durch Wasseraufnahme sich in Gips verwandelt hat. Das Volum vergrößert sich bedeutend (um 33 Proz.), es mußte ein Aufwölben, Aufblähen der Schichten stattfinden, wodurch blasenartige Erhebungen entstanden (bis 1,5 m hoch), die sich in großer Menge dort auf dem Sachsenstein finden; viele sind an der Spitze oder Seite aufgesprungen und zeigen dann trichterförmige Vertiefungen. Die Kuppen sind meist hohl und besitzen an der einen Seite eine Öffnung, so daß Kinder bequem in die kleinen Höhlen hinein und heraus kriechen können; der leicht verständlichen Volkssage nach waren dies die Ausgänge für die kleinen Unterirdischen, die Zwerge. Die Erhebungen haben circa $3^1/_3$ m Durchmesser und $1^1/_3$ m Höhe, die Wandung ist 0,3 bis 1 m stark. Wenn

die Umwandlung des Anhydrits in Gips vollständig geworden ist, brechen die Kuppen ein und die Bildung wird unansehnlich.

An dieser Stelle findet sich außerdem eine seltene, an Gips gebundene Pflanze, Gypsophila repens, die sich sonst nur in Süddeutschland findet, in Preußen aber nirgends weiter (sie kommt nördlich der Mainlinie noch zwischen Elpenrode und Ruppertenrod am Vogelsberge in Hessen vor). Die Zwerglöcher sind eine Bildung, die nirgends in der Vollkommenheit und Eigentümlichkeit sich vorfindet wie am Sachsenstein, der am Westrande zugleich steil abfallende interessante Gipswände zeigt.

Fig. 241.



Die Zwerglöcher am Sachsenstein bei Walkenried.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

Eine andere Naturmerkwürdigkeit der Gegend ist ein anderes Verwitterungsprodukt, die zellige Rauchwacke (Rauhwacke). Sie entstand dadurch, daß die dem Anhydrit aufliegenden Dolomitschichten zertrümmert, aber durch ein kalkiges Cement wieder verbunden wurden. Der Dolomit zerfiel später zu Sand und witterte aus. Die Cementbildung blieb als ein mit zerstreuten Hohlräumen durchsetztes Gebilde zurück.

An vielen Stellen würde, dies zeigt der Prozeß und auch die geologische Karte, der Gips nicht sichtbar geworden sein, wenn die Zechsteinformation noch in dem Zustande wäre, wie vor der Erosion.

In Gegenden, wo sich mit Gips und Anhydrit Steinsalz findet, werden diese natürlichen Unterhöhlungen noch zahlreicher sein und solche und ähnliche Bildungen wie die beschriebenen sich vorfinden (Segeberg, Sperenberg-Seen).

γ) Verwitterungen im Kalkgebirge.

Ähnliche Verwitterungen und Bildungen zeigen die Kalkgebirge. Der reine kohlensaure Kalk ist in Wasser fast unlöslich, in kohlensäurehaltigem Wasser, je nach dem Kohlensäuregehalt, aber mehr oder weniger löslich (gewöhnlich 1 Teil kohlensaurer Kalk in 800 bis 900 Teilen Wasser). Die mechanische Kraft unterstützt hier wie dort die Verwitterung ganz außerordentlich. Die durch zahlreiche Spalten und Schluchten durchsetzten Kalksteingebirge zeigen oft das Verschlucken von Wasserläufen, wie oben erwähnt wurde, ja ein Ablaufen und Wiedererscheinen von Seen, wie dies bei einzelnen Seen in Krain der Fall ist.

Diese Seen mit zeitweisem Abfluß, die **Katabothren**, finden sich am meisten ausgebildet in Griechenland (der Phonia-See in Morea und der Kopais-See haben solche Abflüsse[1]), ebenso der Fuciner See in Italien). Weitere Beispiele sind die Meermühlen bei Argostoli (bei Kephalonia), wo sich das Meer in unterirdische Höhlungen mit solcher Gewalt (5 500 000 engl. Kubikfuß = ca. 172 000 cbm in einer Stunde) stürzt, daß dadurch Mühlen getrieben werden; unterirdischer Lauf der Reka in Krain, Abfluß des Lac de Joux in der Schweiz; Quelle der Sorgue bei Vaucluse (Loiret in Frankreich), die Pooles-Hole bei Buxton (Derbyshire, unterirdischer Lauf der Gewässer 6 engl. Meilen, vgl. später).

Auch in Gipsgebirgen sind ähnliche Erscheinungen vorhanden, auch da giebt es Stellen, wo die Bäche in die Erde hineinfließen (Schlundbäche, Swallows in England), und das Wasser der Gipshöhlen verschwindet manchmal gänzlich, während der Spiegel zu anderen Zeiten sehr steigt und dadurch der Zutritt fast gehindert wird (Gipshöhlen am Südharz).

Von besonderen Bildungen seien ferner erwähnt die Dolinen (Dollinen) und die Karstbildung in Krain, Kärnten, Dalmatien, Istrien. Der Karst bildet ein Kalksteinplateau von rauher unregelmäßiger Oberfläche, welches durchsetzt ist von zahllosen, steil abfallenden Einsturzöffnungen von oft über 200 m Tiefe. Die oberen haben Durchmesser bis über 700 m, sind oft unregelmäßig gestaltet mit ganz schroff abfallenden Wänden. Auf den Boden kann man bisweilen auf den durch abgestürztes Gestein gebildeten steilen Abhängen gelangen, und es finden sich auf dem Boden wohl auch höhlenartige Fortsetzungen. Auch auf der schwäbischen Alb, im Doubs-Gebiet, im nördlichen Jütland (Kreide), im Gouvernement Tula finden sich die Einsturzdolinen, sie sind den Erdfällen in den Gipsgebirgen (Teufelslöchern) entsprechend.

Die **Kalk- und Dolomitgebirge** (dolomitische Kalke), namentlich aber die ersteren werden von vielen Hohlräumen durchsetzt, deren Durchforschung für die Wissenschaft von großer Wichtigkeit geworden ist. Die **Höhlen** überhaupt, ihre Entstehung, ihr Inhalt und ihre Ausfüllung (Tropfstein-, Knochenhöhlen, Eishöhlen), werden in besonderem Anhang näher besprochen, hier mögen nur einige genannt werden:

---

[1]) Der Kopais-See ist jetzt trocken gelegt durch besondere Abzugskanäle, vergl. Abschnitt Seen, S. 499 u. 512. Hierher gehört auch der Zirknitzer See, dessen Abflußwässer schließlich zum Unzfluß bei Planina gehen. Die Hauptabzugshöhle ist die Kalonzaquelle.

In Kärnten und Krain: Adelsberger Grotte (4200 m lang, bis 80 m hoch), Grotte von Corgnale, Planina, Rekahöhlen ebenda; die deutschen Alpen überhaupt besitzen 73 Höhlen, in Dalmatien auf Meleda zwei Höhlen, am Schneeberge Sniesnizza eine Höhle, in Siebenbürgen die Höhle von Almas (mit Abgründen und Morästen), die Aggteleker Höhle in den Karpathen (6 km lang); in Westfalen: Höhle von Sundwich (474 m lang, 9,5 m hoch), Klutert bei Schwelm, Balver, Neander- und Dechenhöhle mit sehr schönen Tropfsteingebilden, Nebelhöhle bei Pfullingen, Baumanns-, Biels- und Hermannshöhle bei Rübeland im Harz, Schillerhöhle bei Scharzfeld im Harz; in Derbyshire die Peakshöhle und Pooleshöhle, die Höhle von Antiparos, die Mammuthöhle in Kentucky bei Green River, Edmonson County (2 geogr. Meilen lang), die Lurayhöhle in Virginien, ebenso zahlreiche Höhlen in Brasilien, Australien (Knochenhöhlen mit Skeletteilen von Armadillen und Beuteltieren); in Belgien: Grotte von Remouchamps bei Spa, Grotte de la Wamme bei Jemelle (Marche) und der Trou le Han ebendaselbst (die meisten Höhlen sind 60 bis 230 m tief). Im Gips: Viele Höhlen im Mansfeldschen zum Teil mit Wasser gefüllt, Marienhöhle mit Gipskrystallen (Herzog Ernst-Stollen) bei Friedrichroda in Thüringen, Heimkehle im alten Stolberg (Südharz); im Dolomit des fränkischen Jura: die Gailenreuther Höhle und Rabensteiner (Sophien-) Höhle mit Tropfsteingebilden und fossilen Knochen bei Muggendorf.[1])

δ) Sonderbare Oberflächenbildungen, die durch die Wirkung des Meteorwassers hervorgebracht werden. — Sonstige Verwitterungen.

Fast jedes Gebirge und jedes Gestein zeigt solche eigentümlichen Gebilde, die das Gesamtgebirge oder Plateau charakterisieren und in vielen Fällen untergeordneter Natur sind.

So zeigen die Dolomite vor allem auch eigentümliche Felsbildungen und Verwitterungsformen, von denen im folgenden eine weniger bekannte wiedergegeben ist, der Römerstein, Fig. 242.

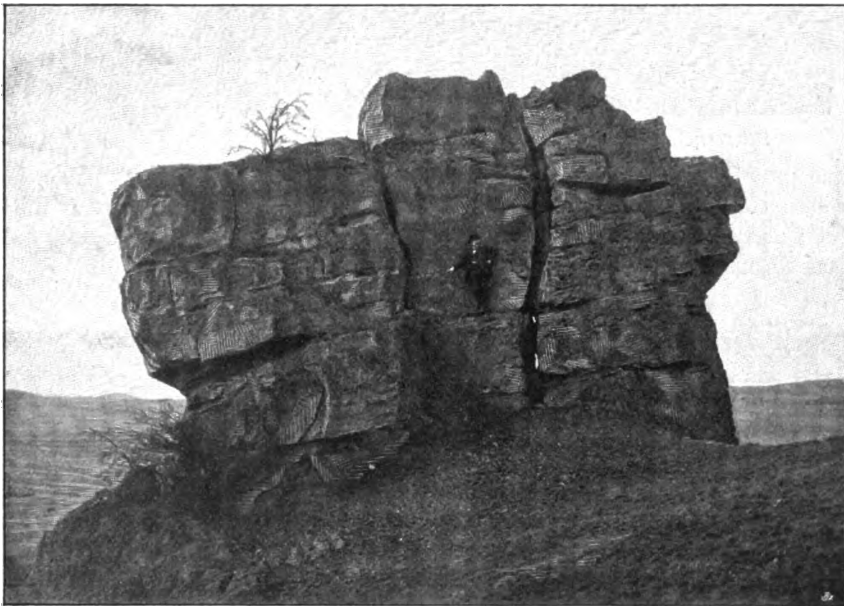
Der Dolomit dieser Gruppe gehört der mittleren Zechsteinformation an, er ragt aus hercynischem Schotter hervor und liegt auf einer etwas sanft ansteigenden, sehr niedrigen flachen Kuppe. Es scheint, als seien die Felsen dort künstlich angehäuft, während sie durch Zertrümmerung und Lösung der Schicht entstanden sind und den letzten widerstandsfähigen Rest derselben bilden. Sie besitzen eine Höhe von circa 8 m und zeigen eine außerordentlich starke Zerklüftung. In dem Gestein finden sich Flußspatkrystalle, auch sind Versteinerungen in diesem Dolomit gefunden (Terebratula, Gervillia u. s. w.). Von verschiedenen Seiten bietet die Gruppe einen sehr verschiedenartigen Anblick dar.

Auch die Karste mit ihren Bildungen sind durch Oberflächenverwitterung entstanden. Der Boden ist förmlich durchwühlt von den verschiedensten Einsenkungen, die Oberfläche ist außerordentlich rauh und zerrissen: Natürliche Brücken als Überreste der Einsturzdecken, beckenförmige Dolinen, geologische Orgeln, die oft durch Einschlämmungsprodukte ausgefüllt sind, Trogthäler,

[1]) Die Abbildungen von Höhlen vergl. Anhang (Speläologie, Antrologie).

längere Vertiefungen durch Einsturz entstanden, unterirdische Flußläufe[1]), zahllose Höhlen u. s. w., machen das Gebiet, das sich von Kärnten bis Bosnien-Montenegro und südlich und südwestlich zur Küste erstreckt, zu einem der interessantesten der ganzen Erde, da die charakteristische Karstform in solcher Vollkommenheit auf der Erde nicht wieder vorkommt. Nahe verwandt damit, aber viel weniger ausgedehnt ist das Vorkommen der Karrenfelder und Schratten, die sich in den Kalkalpen vorfinden. Sie entstehen dadurch, daß an den kahlen Abhängen die weniger widerstandsfähigen Teile gelöst und fortgespült werden, die festeren in ganz unregelmäßigen Formen zurückbleiben: Furchen, Schluchten und Rinnen bis zu 15 m Tiefe werden durch scharfkantige,

Fig. 242.



Der Römerstein bei Sachsa am Harz.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

zerschlitzte Kämme oder Sättel getrennt. Bekannt ist das Karrenfeld der Silberen im Kanton Schwyz, Fig. 243 a. f. S.

Kesselförmige Vertiefungen mit abgerundetem Boden, oft in der Nähe von Stromschnellen und Gletschern, mit Roll- und Schleifsteinen, finden sich in den verschiedensten Gesteinen (in Schweden, Finnland, Harz, Alpen, Schottland; — Rüdersdorf), sie führen den Namen Riesentöpfe. Sie werden zum Teil als Glacialbildungen (Gletscherbildungen) in Anspruch genommen und erinnern an eine in der norddeutschen Tiefebene bekannte, weit verbreitete Erscheinung; Mecklenburg und Pommern sind übersät mit kleinen kreisförmigen

---

[1]) Krain besitzt ein vollständiges subterranes Flußnetz, das wissenschaftlich verfolgt und mappiert wird.

Vertiefungen, oft nur 10 bis 15 m im Durchmesser. Diese sind mit Wasser ausgefüllt, aber auch mit Torf und Lehm. Sie führen den Namen Sölle und man sieht sie als hervorgegangen aus den Schmelzwassern alter Gletscher (vgl. Diluvium), als Strudellöcher (entstanden durch Wasserstrudel) an (Gletschermühlen).

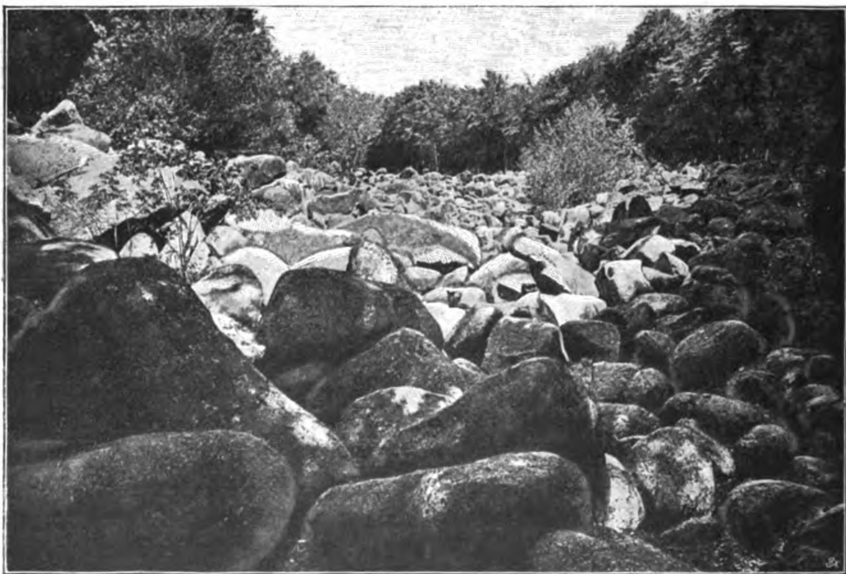
Fig. 243.



Karrenfeld auf der Silberern im Kanton Schwyz.

Hierher gehören auch die Felsenmeere. Dieselben finden sich häufig in den granitischen und syenitischen Teilen der Gebirge: im Harz, im Oden- und Schwarzwald, im Fichtelgebirge (Luisenburg) und die wollsackartigen Absonderungen des Granits bei Haberstein, Kösseine); im Böhmerwald und auf den granitischen Plateaus von Norwegen und Großbritannien kommen sie mehrfach vor.

Fig. 244.



Das Felsenmeer am Felsberg im Odenwald.
(Nach einer Aufnahme von Lautz und Isenbeck, Darmstadt.)

Die Abbildung, Fig. 244, giebt das Felsenmeer am Felsberg im Odenwald. Dasselbe liegt in einer ungefähr 200 m breiten und 300 m langen

Senkung. Es besteht aus abgerundeten Blöcken von Syenit. Außer dem großen Felsenmeer sind in derselben Gegend noch ähnliche Anhäufungen vorhanden. Schon früh hat hier die Industrie eingegriffen, die sogenannte Riesensäule (Syenit, 9,25 m lang, 1 bis 1,5 m dick) stammt aus der Römerzeit; auch der Syenitblock des Altarsteins zeigt Spuren der Bearbeitung. Die Felsenmeere bieten ja, wenn sie bequem zugänglich sind, für die Anlegung von Steinbrüchen den Vorteil, daß die „Hauptsprengung" des anstehenden Granit- oder Syenitgebirges schon von der Natur selbst ausgeführt ist. Die abgerundete Gestalt der Blöcke, „wollsackartig", zeigt, daß die Verwitterung

Fig. 245.



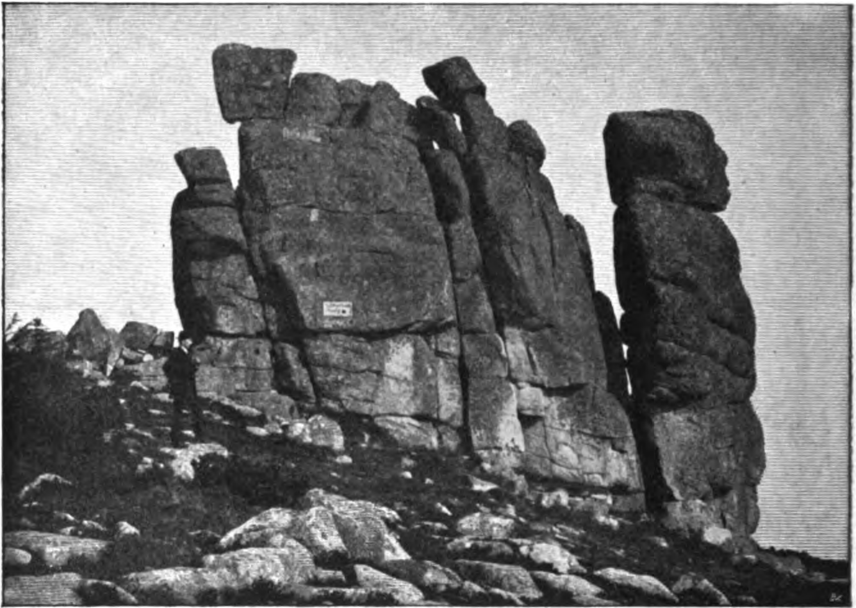
Der Cheeswring bei Liskeard in Cornwallis.

thätig gewesen ist. — In der Nähe der Felsenmeere finden sich oft die seltengestaltetsten Felsverwitterungen, so auf der abgerundeten Granitkuppe des Brockens die Teufelskanzel und der Hexenaltar (s. Fig. 248 bei S. 458), die Schnarcher und im Bodethal und Steinbachsthal die nach menschlichen Figuren genannten Bildungen Großvater und Mönche. Hierher gehören auch die Teufelsmühlen und wackelnden Steine (man vergleiche den in Fig. 245 abgebildeten Cheeswring bei Liskeard in Cornwallis).

Die Felsenmeere sind entstanden dadurch, daß das Gestein an der Oberfläche verwittert ist, der die Spalten ausfüllende Grus und Kies wurde nach

und nach fortgespült; öfters findet man ein vollständiges Maschenwerk von Blöcken (Blockhaufen), das dadurch sich gebildet hat, daß der Grus zwischen den aufgetürmten Blöcken vollständig bis zum Untergrunde entfernt ist; auch die matratzenförmigen und bankartigen Absonderungen gehören hierher. Die eigentlichen Felsmeere sind also nicht durch Herabstürzen der Blöcke, sondern durch Oberflächenverwitterung entstanden, daß Abbröckelungen, unterstützt von der erodierenden Thätigkeit des Wassers, an Abhängen ähnliche Erscheinungen hervorzubringen vermögen, ist natürlich. Die Trümmerhaufen kommen bei

Fig. 246.



Der Mittagstein.
(Nach einer photographischen Aufnahme von F. Pietschmann in Landeshut i. Schl.)

allem Gestein an den verschiedensten Orten vor und haben je nach dem Gestein einen ganz verschiedenen Habitus, so bei den verschiedenen Schiefern.

Im großartigen Maßstab finden sich solche Oberflächenverwitterungen in den Steinwüsten Asiens und Afrikas (in der Wüste Gobi und der Sahara).

Merkwürdige Felsgruppen. Von den eigentümlichen Bildungen besonders gestalteter Felsen, die bei allen Völkern die größte Aufmerksamkeit erregt haben und Veranlassung zu vielen Sagen und Märchen waren, mögen noch einige aus dem deutschen Mittelgebirge vorgeführt werden.

Im Riesengebirge finden sich die Mittagsteine (in 1423 m Seehöhe) 12,7 m hoch, bei denen, wie die vorstehende Abbildung, Fig. 246, zeigt, die menschliche Figur leicht zu erkennen ist; etwas tiefer liegt das Felsgewirr der Dreisteine, die aber viel weniger besucht werden. Eine Zusammenstellung dieser Bildungen, die in allen Ländern vorkommen, würde zeigen, daß in der Thai die Phantasie

sonderbarere Felsgestalten kaum ausdenken kann, als die Thätigkeit der Atmosphärilien geschaffen hat.

Solche merkwürdigen Felsgruppen, welche durch Verwitterung entstehen, finden sich in den verschiedensten Teilen Deutschlands. Es sind hauptsächlich granitische Gesteine und Sandsteine, welche das Material dieser merkwürdigen Gebilde sind, aber auch Porphyr, seltener Basalt, Trachyt, geben diese besonders gestalteten Felsmassen, auch Dolomit liefert wieder die bizarrsten Formen. Die tief eingeschnittenen Thäler der Fränkischen Schweiz mit den Gebilden von Tuchenfeld, Pottenstein und Rabeneck geben im deutschen Mittelgebirge, die Dolomiten mit ihren Zinnen und Türmen im Alpengebiet das beste Beispiel; der schon erwähnte Römerstein zeigt in einzelner Gruppe diese Eigentümlichkeit. Die eigentlichen Kalksteingebirge zeigen zwar schroffe Abhänge und Abstürze, aber viel weniger sonderbare Formen als die Dolomiten (vgl. oben Römerstein, S. 453, Fig. 242).

Von den eigentümlichen granitischen Felsgruppen des Harzes mögen noch zwei in Abbildung wiedergegeben werden: der Cäsarfelsen am Eingang des Bodethales am linken Ufer des Flusses (Fig. 247), und von der Brockenkuppe Hexenaltar und Teufelskanzel (Fig. 248 bei folg. S.).

Fig. 247.



Der Cäsarfelsen im Bodethal.
(Nach einer photographischen Aufnahme von Fr. Rose in Wernigerode.)

T e u f e l s m a u e r n, S a n d s t e i n v e r w i t t e r u n g e n. Die ersteren bestehen aus den obersten Teilen der schräg gelagerten Schichten des Sandsteins (Schichtenköpfe) und erstrecken sich meilenweit in den eigentümlichsten Formen, stellenweis durch vollständig verwitterte Stellen unterbrochen (Teufelsmauer am Harz; vgl. Fig. 249 bei folg. S., und an späterer Stelle im Anhang Orogenie). Die Sandsteingebirge sind sehr zerklüftet, die Tagwasser können leicht eindringen und spülen die zertrümmerten Massen fort, und nur die festesten Teile bleiben stehen. Es bilden sich die mannigfaltigsten Formen, Pyramiden, Cylinder, Säulen, Gewölbe u. s. w. Die verschiedenartigsten Bildungen bietet das Elbsandsteingebirge, die Sächsische Schweiz, dar, ein

Plateau, das durch die Wirkung des Wassers in mannigfaltigster Weise zerklüftet ist; ebenso Adersbacher, Weckelsdorfer und Wekersdorfer Felsen und Heuscheuer an der schlesisch-böhmischen Grenze.

Es würde zu weit führen, alle die Bildungen, welche bei den Verwitterungen der Gebirge überhaupt entstehen, zu berühren. Es tritt dabei vielfach der Charakter des Gesteins hervor. Die Zacken und Zinnen, Nadeln, Türme, welche der Dolomit in den Dolomitalpen bei Ampezzo bildet, unterscheiden sich von den ähnlichen Bildungen der Kalksteingebirge der bayerischen Alpen beim Karwendelgebirge (Mittenwald), die Steilwände und Zacken des Montblanc (Alpengranit, Protogin) sind wohl zu unterscheiden von den Oberflächenformen von Basaltabhängen (Konturen).

Es mögen nur noch angeführt werden die Bergschlipfe und Bergstürze, sowie die Erdpfeiler und Erdpyramiden.

Die Bergstürze und Bergschlipfe, Erdrutsche, Rovinas. Fast in jedem Frühjahr, wenn die Felsen und das Gesteinmaterial durch den Frost gelockert sind, und durch den schmelzenden Schnee reichliche Wassermassen den Boden durchtränken, finden Loslösungen kleinerer oder größerer Felsmassen statt. — Unter Bergstürzen oder Bergschlipfen versteht man plötzliche Loslösung größerer Massen, die auch im Sommer nach starken Regenfällen stattfinden können. Sehr selten entstehen hierbei Schlammströme, Muren, indem das lockere Material von im Innern angesammeltem, zum Durchbruch kommendem Wasser fortgeführt wird. Bergstürze erfolgen besonders leicht da, wo zerklüftete feste Gesteine auf einem lockern Material ruhen; das versinkende Wasser lockert die tragende Schicht auf, die darauf ruhenden Massen verlieren ihren Halt und stürzen herab. Beispiele: Bergsturz von Goldau 2. September 1806, wobei ein Stück des 1643 m hohen Roßberges (der aus Nagelflue und Mergelthon besteht) sich loslöste, ferner der Erdrutsch, welcher im Bergell die Dörfer Plurs und Schilan verschüttete (4. Septbr. 1618; 2430 Menschen gingen dabei zu grunde), und aus neuerer Zeit der Bergrutsch bei Caub a. Rh. 1876 und der Bergsturz von Elm in der Schweiz.

Die Tuffkegel, von denen Fig. 250 ein Beispiel giebt, Erdpyramiden, Erdpfeiler und ähnliche Bildungen entstehen durch Ausnagung lockeren Erdreichs durch Meteorwässer oder durch das angesammelte, an den Abhängen herabströmende Regenwasser. Wenn größere Blöcke auf dem Material liegen, bleibt der darunter liegende Teil des Erdreichs geschützt: so haben sich die berühmten Erdpyramiden im Thal des Finsterbachs bei Bozen aus altem Moränenschutt durch Regen gebildet, die Pfeiler haben eine Höhe von 12 bis 30 m und sind durch einen Stein oder Baum vor schnellerer Zerstörung geschützt. Die Erdpyramiden sind sehr verbreitet, fast überall durch Steilerosion von oben oder von unten aus Kämmen, Schuttwänden oder Schuttmauern (s. oben) entstanden. Sie treten besonders in Gegenden mit entblößten Rändern steil abfallender Plateaus auf. Als Vorbedingungen für die Entstehung kann man bezeichnen: 1) mürbes, leicht abbröckelndes Schuttmaterial, das durch ein cementartiges Bindemittel Festigkeit genug besitzt, in steilen Gestaltungen sich zu erhalten; 2) unregelmäßige zeitliche Verteilung der Niederschlagsmengen, namentlich Regenfälle in starken Güssen, die die Haupterosions- und Denudationsarbeit

Fig. 248.



Der Hexenaltar und die Teufelskanzel auf dem Brocken.
(Nach einer photographischen Aufnahme von E. Rose in Wernigerode.)

Fig. 249.



Die Teufelsmauer bei Weinstedt.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

besorgen; auch Wind, Frost und Sonne wirken begünstigend bei der Entstehung der Erdpfeiler; 3) Mitwirkung eines Gießbaches, welcher die Anhäufung des abgestürzten Materials durch Weiterbeförderung verhindert. Im Ötzthal, in der Vallée des Saints (Auvergne) und vielen Stellen der Erde erklärt sich so die Entstehung der Bildung, die im großen Maßstabe auffällt, im kleinen kaum beachtet wird, — häufig kann man nach heftigen Regenfällen auf einem

Fig. 250.



Tuffkegel bei Ürgüb (in Kleinasien).
(Nach einer Photographie von Chantre.)

mit zerstreutem Kies bedeckten lockeren Boden die Entstehung kleiner Erdpyramiden beobachten[1]); unter den Regentraufen bilden sie sich fast regelmäßig,

[1]) Man kann Erdpyramiden im kleinen experimentell erzeugen, wenn man in einem Kasten mit Gartenerde kleine Kiesel an der Oberfläche verteilt und dem Regen aussetzt. Die Erdpartien, welche unter den Kieseln sich befinden, werden vom Regen nicht fortgeschwemmt. Es entstehen Erdpfeiler, von denen jeder auf der Spitze einen kleinen Kieselstein trägt. Diese Beobachtungen sind oft gemacht worden.

wenn das Regenwasser, ohne durch Rinnen gesammelt zu werden, von den Dächern auf lockeren Boden herunterfällt, man kann dann die ganze Dachlänge auf dem Erdboden verfolgen; Bedingung ist immer nur, daß unter den Traufen stellenweis widerstandsfähigeres oder mit festen Steinchen zum Teil bedecktes lockeres Material vorhanden ist. Die Beobachtungen der Wirkungen eines heftigen Regens auf den Erdboden vermögen Aufschluß zu geben über die Entstehung vieler Erosionserscheinungen in der Natur (Gerinsel, Runsen, Regenschluchten, Cañons u. s. w.). Die durch Flüsse bewirkten Erosionen (Cañons 2c.) werden später besprochen.

Es ist also in erster Reihe das Meteorwasser, welches alle diese Erscheinungen hauptsächlich bedingt, natürlich auch vielfach unterstützt von Wasseransammlungen. Aus dem Meteorwasser geht das Grundwasser zum Teil hervor, dessen Verhältnisse nahe damit zusammenhängen und im folgenden Abschnitte näher erörtert werden.

Die Wirkungen, welche durch Ansammlung des Regenwassers nach Wolkenbrüchen oder anhaltenden Landregen oder durch die Gewässer der Schneeschmelzen hervorgebracht werden, gleichen denen der Sturzbäche und schnell anschwellenden Ströme. Schuttkegel, Bergschlipfe u. s. w. sind Erscheinungen, die sie hervorbringen. Die Überschwemmungen in den Thälern, die Verwüstungen, die sie im Gebirgsgebiet erzeugen, die Überdeckungen mit Schlamm und Geröll, alles dies sind Veränderungen, die noch oft berührt werden müssen bei den Wirkungen der Wasseransammlungen, die man nach gebräuchlichen Benennungen einteilen kann in Wirkungen der Quellen, der Flüsse und Seen, Wirkungen des Meeres. In einem besonderen Anhange (II): Gebirgs-, Thal- und Küstenbildung, werden auch die Resultate der Erosion im großen erörtert werden; selbstverständlich werden die Wirkungen des Meteorwassers durch diese unterstützt und umgekehrt.

Die Wirkungen des Eises sind in der unserer Epoche unmittelbar vorhergehenden, in der Diluvialzeit mit ihren Eiszeiten, besonders hervorgetreten. Da man die Wirkungen der früheren Gletscher erst aus Beobachtungen der jetzigen Gebirgsgletscher und des Inlandeises in Grönland erschlossen hat, erfolgt die Betrachtung der Gletscherwirkungen im Abschnitte „Diluvium“.

2. Quellen.

Die obere Schicht unserer Erde ist an den meisten Stellen mit kleinen Wassergerinseln durchsetzt, die an bestimmten Stellen sich sammeln und hervortreten, sie haben dann die Temperatur der obersten Schichten; ihre Temperatur schwankt, doch sind die Differenzen bedeutend geringer als die der Lufttemperatur, öfters nur 3 bis 4° im Sommer und Winter, daher die falsche Anschauung, daß die Temperatur der Quellen im Winter höher sei als im Sommer; bei uns haben die Oberflächenquellen die höchste Temperatur gewöhnlich Ende August und September, die niedrigste Ende Februar und März. Nach den Polen und dem Äquator hin ändert sich die mittlere Temperatur des Quellwassers, die bei uns 8 bis 12° beträgt; außerdem

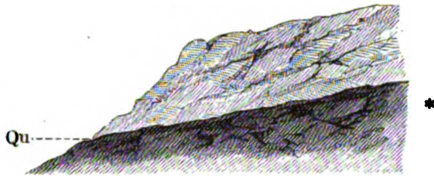
unterscheidet man noch Quellen mit konstanten Temperaturen und zwar heiße und kalte, je nachdem die konstante Temperatur derselben über oder unter der mittleren Jahrestemperatur des Ortes liegt. Über die ersteren sind die wichtigsten Mitteilungen gemacht bei den Thermen (S. 412 ff., 420); die kalten Quellen finden sich in Gebirgen mit kontinuierlichen Eis- oder Schneeansammlungen und stammen dann von diesen her. Es giebt auch Quellen, die fortwährend dieselbe Temperatur (ungefähr = der mittleren Jahrestemperatur) besitzen. Sie entstammen den Bodenschichten mit gleichmäßiger Temperatur. Je nach der Dauer und Art ihres Hervortretens unterscheidet man auch intermittirende (zu denen die Geisire gehören) und kontinuirliche Quellen.

Quellen entstehen dadurch, daß das versinkende Meteorwasser auf undurchlässige Schichten trifft. In gleichmäßig verbreiteten Sand- und Geröllschichten entsteht so das Grundwasser.

Nach der Art des Hervortretens unterscheidet man Schichtquellen, wenn das Wasser an der Grenze einer undurchlässigen geneigten Schicht hervortritt (Fig. 251 a); Überfallquellen, wenn poröses zerklüftetes Gestein auf einer nach innen vertieften undurchlässigen Schicht ruht, — die Wasser werden sich hier ansammeln und schließlich an den Rändern der unterliegenden Schicht hervorquellen (Fig. 251 b); Spaltquellen (aufsteigende Quellen), wenn das erstere Gestein so zerklüftet ist, daß die in der beckenartigen Vertiefung angesammelte Wassermenge zu Tage tritt (Fig. 251 c). Künstliche Quellen sind die gewöhnlichen Brunnen, die entweder durch Ansammlungen des Grundwassers oder durch benachbarte Flüsse gespeist werden, wie die Brunnen zwischen London und Richmond, die deutlich die Ebbe und Flut der Themse zeigen, und die artesischen (Artois) Brunnen oder Bohrbrunnen. Die artesischen Brunnen werden erhalten, wenn die Bohrung auf eine wasserführende Schicht trifft; das Hervordringen des Wassers geht nach den Druckgesetzen des Wassers bei kommunizierenden Röhren vor sich; so ist, wenn die wasserführende Schicht an einer Stelle hoch emporsteigt, der Druck stärker und das Wasser muß höher emporsteigen. (Vergl. Bohrlöcher oben S. 305.)

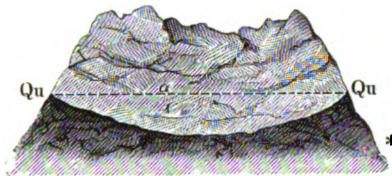
Fig. 251.

a.



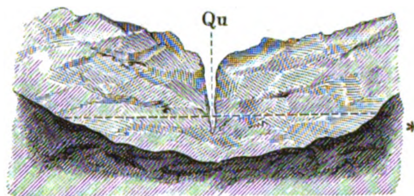
Schichtquelle.

b.



Überfallquelle.

c.



Spaltquelle.

* Wasser nicht durchlassende Schicht, z. B. Thon, krystallinisches Massengestein; reichen die Klüfte in *a* tief hinab, so werden sich dort Quellen finden, Zapfquellen.

Das Versiegen der Quellen kann verschiedene Ursache haben. Das Versinken beruht auf Abfluß nach der Tiefe zu und ist öfters nach Erdbeben beobachtet; bei Quellen, die aus benachbarten Flußläufen gespeist werden, hängt das Steigen und Fallen von dem Niveau des Flusses ab, wird dasselbe sehr tief, so versiegen die Quellen. Auch ist das Brunnenwasser nicht nur Quellwasser der Schicht, in die gerade das Brunnenrohr herabragt; beim Ansaugen wird Wasser aus den benachbarten Schichten zuströmen und bei starkem Verbrauch in den Tiefbrunnen kann dies kilometerweit geschehen. Wenn die Brunnenquelle einer stark wasserführenden Schicht, die unter hohem Druck steht und nach dem Brunnen geneigt ist, entstammt, so können dadurch aufsteigende Wassermassen entstehen, die Überschwemmunngen veranlassen können (Schneidemühler Brunnenunglück 1893, bei dem die Brunnenquelle so mächtig anschwoll, daß dadurch die betreffende Stadtgegend gefährdet wurde). Die Triebsande der kurischen Nehrung scheinen, wie oben (S. 301) erwähnt, durch aufsteigende Quellen zu entstehen.

Die Quellen enthalten ungefähr 10 mal so viel feste Bestandteile gelöst als das Flußwasser (weiches Wasser; das Quellwasser ist hartes Wasser). 1 cbm Quellwasser enthält 22 bis 1240 g, höchstens 13 000 g feste Bestandteile, d. h. in 1000 Teilen 0,022, 1,24 bis 13 Gewichtsteile. Regelmäßig vorhanden sind kohlensaure, schwefelsaure, kieselsaure Salze und Chlorverbindungen von Kalk, Magnesia, den Alkalien (öfters fehlend), Eisenoxyd und Thonerde (häufig fehlend); organische Körper finden sich sehr häufig in denselben.

Mineralquellen nennt man Quellen, die entweder besondere Bestandteile, die für gewöhnlich nicht in Quellen vorkommen, gelöst enthalten oder die von den gewöhnlichen Bestandteilen besonders große Quantitäten gelöst besitzen. Die betreffenden Substanzen deuten darauf hin, daß das Quellwasser mit Lagern der betreffenden Gesteine in Berührung war. Man unterscheidet: Soolquellen (salinische Quellen), die besonders reich an Chlornatrium sind, sie enthalten nebenher vorzüglich noch Gips und finden sich in großer Menge in der Nähe des sächsischen Steinsalzlagers (Schönebeck, Halle, Artern u. a.). — Säuerlinge heißen diejenigen Quellen, die große Quantitäten Kohlensäure gelöst enthalten: a) alkalische Säuerlinge, die nebenher kohlensaure und schwefelsaure Alkalien (Selters), b) Eisensäuerlinge, die kohlensaures Eisenoxydul gelöst enthalten. Kalkwasserquellen (erd-alkalische Quellen); viele heiße Quellen (Karlsbad), aber auch gewöhnliche Quellen und Bäche enthalten große Mengen kohlensauren Kalk gelöst, der sich wieder absetzen kann, wenn die Kohlensäure entweicht (Kalktuff, Kalksinter, Karlsbader Sprudelstein). Bitterquellen sind solche, die schwefelsaure Magnesia (Bittersalz) enthalten. Die Schwefelquellen enthalten Schwefelwasserstoff und Schwefelverbindungen der Alkalien oder alkalischen Erden in Lösung (meist heiße Quellen, siehe oben). Viele dieser Quellen werden als Heilquellen benutzt, oft auch wegen geringer Beimengung an besonderen Bestandteilen (Jod-, Bromverbindungen), oder wegen besonderer Reinheit des Wassers. Beispiele im Anhang (S. 470 u. ff.)

Die Quellen beweisen, daß im Erdinnern bedeutende Auslaugungen und Verwitterungen vor sich gehen, und sie bewirken bedeutende Ablagerungen und Neubildungen: von Eisenocker (bei den Eisenquellen; vergl. oben), von

Kieselsäure, von kohlensaurem Kalk (Cascaden von Tivoli bei Rom, Velion und Nera bei Terni, auch in Deutschland Ablagerung von Kalktuff bei Cannstadt, Gotha, Blotho), von Gips (Quellen am Südharz und Trentschin-Teplitz in Ungarn, Bath in England).

Nach dem Gesagten ergiebt sich, daß die Quellen außerordentlich umgestaltend auf die Erdoberfläche durch Fortspülung und Auflösung wirken müssen. Nimmt man an, daß eine Quelle in 30 Minuten 1 cbm Wasser liefert und daß dies Wasser 1240 g fester Substanzen gelöst enthalte, so würde in einer Stunde 2,480 kg fortgeführt und an einem Tage 59,5 kg (rund 60 kg), d. h. in einem Jahre, unter der Voraussetzung stets gleichen Zuflußes, 21 900 kg. Besonders hoch ist dieser Betrag bei den heißen Quellen; die Masse der Mineralsubstanzen, welche gelöst geliefert werden, ist eine ganz bedeutende (Karlsbad 10 000 000 kg Glaubersalz) und selbst die seltenen Stoffe wie Fluorcalcium, $CaFl_2$ werden in großen Mengen fortgeführt, letzteres im Betrage von 12 500 kg (300 000 Teile Wasser enthalten 1 Teil Fluorcalcium); daß so Höhlungen und Neubildungen (der Karlsbader Sprudelstein bedeckt die ganze Gegend) entstehen können, liegt auf der Hand. Man hat ja auch (vergl. S. 361 u. 409) die Erdbeben zum Teil aus der Wirkung von Thermen erklären wollen.

Bedenkt man, daß sich dieser Lösungs- und Fortspülungsprozeß bei den gewöhnlichen Quellen jahraus, jahrein, Jahrhunderte lang fortsetzt, so ersieht man, welche Quantitäten fester Substanzen dem Erdboden entzogen werden und wie dann durch Zusammenströmen des Wassers durch stets neue Berührung mit anderem Untergrund die Gewässer alles nach und nach zerstören und abebnen müssen.

Besondere Theorien der Quellen sollen hier nicht aufgestellt werden, es ist vorausgesetzt, daß die Quellen zum Teil aus dem Meteorwasser stammen, von dem auch das Grundwasser, das die Quellen für unsere Brunnen liefert, abhängt. Spricht doch dafür das reichlichere Fließen nach großem Niederschlag, das Versiegen bei großer Trockenheit. Ein weiterer Teil der Quellen wird durch das Wasser von benachbarten Flüssen und Seen gespeist und ein dritter durch Wasser ganz entfernter Wasseransammlungen.

Vielfach freilich hat man versucht, den Wassergehalt des Untergrundes in anderer Weise zu erklären.

Die Theorie von Volger nimmt an, daß das Quell- und Untergrundwasser aus der feuchten Luft herstamme, welche im Erdboden zirkuliere. Der Wasserdampf kondensiere sich und liefere die Feuchtigkeit und das Wasser der einzelnen Schichten. Da diese Luft aus der Atmosphäre stammt, läßt sich berechnen, wie hoch, selbst wenn sie gesättigt, der Wasserabsatz sein würde; die gelieferte Wassermenge entspricht nicht annähernd dem Wasserquantum der Quellen; außerdem müßte eine lebhafte Zirkulation vorausgesetzt werden, die nicht nachgewiesen ist; auch dürfte zu berücksichtigen sein, daß bei der Kondensation Wärme frei wird und so die Temperaturdifferenz zwischen Boden und Luft vermindert wird, der Boden müßte sich etwas erwärmen, wodurch die Kondensation geringer würde.

Nicht weniger glücklich ist eine andere Theorie, die meint, daß das

Grund- und Quellwasser aus den tieferen Erdschichten durch die Spannung des Wasserdampfes gewissermaßen emporgedrängt werde. Hierzu geben namentlich die nach der Tiefe zu wachsenden Wassermassen Veranlassung, die man beim Bergbau fand. Man dachte sich die ganze feste Erdrinde schon bei ihrer Entstehung mit Wasser durchtränkt und in der That sind alle Gesteine feucht und wasserhaltig; in der Zone, wo das Wasser der hohen Temperatur wegen flüssig nicht mehr existieren kann, werden die Dämpfe nach oben pressen und veranlassen, daß das Wasser aus den Tiefen emporquillt. Freilich ist es sehr schwer denkbar, daß dieser Druck bei all den Widerständen in Entfernungen, die ziemlich weit vom Druckherde sind, wirken soll. Sicher ist, daß, so weit wir in die Erde hineingedrungen sind, die Schichten mit Wasser durchtränkt gefunden werden, das Versinken des Meteorwassers in große Tiefen erfährt ebenfalls viele Widerstände und wenn man auch annehmen muß, daß vom Meere und allen Wasserbehältern aus ein Versinken nach der Tiefe stattfinde, so bleibt doch bezüglich des Wassergehaltes der tieferen Erdschichten vieles noch unaufgeklärt.

Die Wasserzirkulation in der Erdrinde und in den verschiedenen Schichten ist nur in wenigen Gebieten hinlänglich erforscht und erfolgt manchmal durch unterirdische Wasserläufe, wie in vielen Kalkgebirgen, die wie der Karst und ein Teil des Jura ein förmliches unterirdisches Quell- und Flußnetz, das mit dem oberirdischen zusammenhängt, besitzen, — jedenfalls spielt das Gesetz des Druckausgleichs, der kommunizierenden Gefäße und der Druckfortpflanzung die Hauptrolle. Die gedachten Erdschichten stehen miteinander in Verbindung durch Spaltennetze und enge Kanäle und Kanälchen, die auch wie Heberröhren wirken können, und diese hierdurch bedingte Verteilung des Wassers (vergl. Grundwasser) wird auch durch benachbarte Flüsse und Seen beeinflußt.

Jedenfalls ist es das Meteorwasser, das eine fortwährende Wasserzufuhr ergiebt und auch nachher, wenn die Quellen hervorgetreten sind und sich verringern, wesentlich zur Verdünnung der Quellwasser, das als Bach- und Flußwasser sich gesammelt hat, beiträgt; das Wasser, das an der Oberfläche entlang strömt, vermag an vielen Stellen von dem Untergrunde fast gar nichts aufzunehmen und so kommt es, daß das Flußwasser in 10 000 Teilen nur etwa 2 bis 5 Teile fester Substanzen gelöst enthält, neben welchen die suspendierten Stoffe und aus leicht zerstörbarem Untergrunde entnommene, eine Hauptrolle spielen. Bei dem Übergange in andere Flußläufe und unter anderen Bedingungen, wie an der Mündung und im Meere setzen sich die Stoffe wieder ab und bilden neue Schichten, die den geologischen gleichen, und Küstenabsätze und Meeresbecken zeigen die Vorgänge, welche auch bei den alten Meeren stattgefunden haben. Fortwährend findet bei allen Wasseransammlungen Verdunstung statt, durch den in die Luft gelangenden Wasserdampf werden jene Oberflächenverwitterungen, die so mächtig wirken, die chemischen Verwitterungen begünstigt und mit dem auffallenden Regentropfen beginnt die mechanische zerstörende Wirkung des Wassers mit der lösenden, die sich nun in ewigem Kreislaufe fortsetzt. Nicht können im Folgenden bei den Wirkungen der Flüsse (Bäche und Ströme) alle Vorgänge, die nach

Beschaffenheit des Flußbettes (Neigung, Stoff und Struktur des Bettes u. s. w.) im weitesten Sinne verschieden sein werden (Individualität der Flüsse), so daß jeder Fluß und jedes Flußsystem eine besondere Darstellung verlangen würde, geschildert werden, sondern nur das Allgemeine kann Berücksichtigung finden.

Auf die Wirkungen der Grubenwasser soll hier nicht näher eingegangen werden. Die Ummwandlung vieler geschwefelter Erze in Oxydationsprodukte geschieht unter Einfluß der im Innern der Erde zirkulierenden Feuchtigkeit und Luft; die Vitriole haben sich so aus den entsprechenden geschwefelten Erzen gebildet, ebenso die verschiedenen Metallblüten, Nickel-, Kobaltblüte u. s. w. Enthielt das Wasser Phosphorsäure, so entstanden Phosphate, und in der Mineralogie wurde wiederholt auf diese Prozesse eingegangen [1]).

Auch im Innern gehen Verwitterungsvorgänge vor sich, die auf der Oberfläche sichtbare Umgestaltungen bewirken. Die Verwitterung, Zerstörung, Zertrümmerung, Sedimentierung, Neubildung, Anhäufung und Ausbreitung des Materials bieten dem mit diesen Erscheinungen bekannten Beobachter ein wechselvolles Bild gewissermaßen des Lebens der unorganischen Natur.

Da die Entstehung der Quellen in erster Reihe auf das eindringende Meteorwasser zurückzuführen ist, das, an undurchlässigen oder weniger durchlässigen Schichten sich ansammelnd, nach hydrostatischen Gesetzen und nach geologischen Verhältnissen (Bau des Bodens, Verlauf der Spalten u. s. w.) an einzelnen Stellen hervordringt, so befähigt die Kenntnis aller dieser Verhältnisse auch die Quellen leichter aufzufinden. Die Quellensucher und -finder spielten in früherer Zeit namentlich in Frankreich eine große Rolle; jetzt ist das Verschaffen von Quellen davon abhängig, wie tief man mit den Bohrungen gehen will, denn das Grundwasser ist für unsere Brunnen die Hauptquelle.

Das Grundwasser [2]) spielt bei den geologischen Verhältnissen eine außerordentlich wichtige Rolle, und das Steigen und Fallen desselben ist auch mit verschiedensten Epidemien, Cholera und Typhus, in früherer Zeit in Beziehung gebracht worden. Fast in jeder größeren Stadt werden laufende Grundwasseruntersuchungen gemacht, wie z. B. in Berlin regelmäßige Beobachtung des Grundwasserstandes und Veröffentlichung derselben stattfindet. Es

---

[1]) Ausführlich dargestellt sind die Verwitterungsvorgänge an den Mineralien sowie die Absätze und Neubildungen, ebenso auch wie die Veränderung der Gesteine, die Bildung der Sedimente und der organischen Gesteine in Roth, Allgemeine und chemische Geologie (3 Bde.).

[2]) Für ein weiteres Studium der Grundwasserfrage empfehlen sich außer der Verfolgung der laufenden Berichte in den einzelnen Städten:

Daubrée, Les eaux souterraines à l'époque actuelle, Paris 1887, und

Soyka, Der Boden, s. im Handbuch der Hygiene und Gewerbekrankheiten, Bd. I, Abt. 2, Leipzig 1887.

Soyka, Die Schwankungen des Grundwassers, Wien 1888.

Haas, Quellenkunde, Leipzig 1895.

Ebermayer, Einfluß der Wälder auf die Bodenfeuchtigkeit, auf das Sickerwasser, auf das Grundwasser und auf die Ergiebigkeit der Quellen, begründet durch exakte Untersuchungen. Ein Beitrag zu den naturgesetzlichen Grundlagen des Waldbaues. Stuttgart 1900.

ist auffallend, daß die in unseren Rinnsalen (Bächen, Flüssen u. s. w.) abfließende Wassermenge nur einen verhältnismäßig kleinen Bruchteil des Niederschlages ausmacht. Bei Böhmen, das einem Flußsystem angehört und wo sich das Verhältnis am leichtesten kontrollieren läßt, beträgt das abfließende Wasser nur 24 bis 26 Proz., im Rheingebiet 34,3 Proz., bei den meisten europäischen Flüssen 31 Proz. der Niederschläge, überall übersteigt die Größe der Regenmenge die Abflußmenge bedeutend (66 bis 85 Proz.); auch die Wassermenge, welche aus dem Boden verdunstet, und andere Verhältnisse haben auf das Grundwasser Einfluß.

Wie viel davon nur aus dem Meteorwasser stammt, ist noch nicht ermittelt, aber die Quantitäten des Grundwassers und des fast alle Gesteine und Bodenarten durchdringenden Wassers (Gesteinsfeuchtigkeit) sind so groß, daß, wenn man nur annimmt, daß bis zur Tiefe von 18000 m, wo die Temperatur bei der gewöhnlichen Annahme des gleichmäßigen Anwachsens 60° betragen würde, das Wasser flüssig vorhanden ist, dies Wasser den Rauminhalt von $^1/_{845}$ der Erdkugel haben würde; freilich scheinen in sehr großen Tiefen die Gesteine trockner zu werden, aber bei unseren gewöhnlichen Tiefbauten kommen nur zu häufig große hemmende Wassermengen vor, stetig muß das Grubenwasser entfernt werden, und bisweilen wachsen die Wassermassen so, daß die Gruben „ersaufen“.

Über die allgemeine Zirkulation des Horizontal- oder Grundwassers können wir nur Vermuthungen aufstellen. Sie unterliegt dem hydrostatischen Gesetze, — die Hohlräume in der Tiefe werden sich anfüllen und ihr Wasser wird, wenn sie geöffnet werden, emporquellen. Auf die Fortbewegung wird die mechanische Zerteilung des Bodens (Kies, Grand, Geröll, Sand, schlammartiger Boden u. s. w.) Einfluß haben, ebenso die Porosität (Imbibitions-, Einsaugungsfähigkeit), aber auch die Durchlässigkeit der Schichten und ihr geognostischer Aufbau. Längs einer geneigten undurchlässigen Schicht wird sich das Wasser entlang bewegen (Grundwasserstrom). Im allgemeinen wird das Wasser, wenn eine Bodenvertiefung vorhanden ist, sich dort ansammeln, nicht bloß aus der nächsten Umgebung, sondern, wenn das angesammelte Wasser an- und abgesaugt wird, aus großen Entfernungen. Dies macht es auch so schwierig, Grundwasser oder Quellwasser als Leitungswasser zur Versorgung der Städte zu benutzen. Das zuströmende Wasser der Ebene enthält dann häufig organische Substanzen, Eisenverbindungen u. s. w., welche letztere dadurch zur Unlöslichkeit gebracht werden, daß Luft hindurch geleitet wird, wodurch bei Oxydation der niedrigeren Sauerstoffverbindung des Eisens sich dann ein ockriger Absatz bildet (Eisenhydroxyd, vergl. Chemie S. 395, Enteisenung). Man mußte deshalb zur Entnahme aus Seen u. s. w. (Oberflächenwasser), wie in Berlin, zurückkehren, während andere, günstiger gelegene Städte ihr Wasser aus den Quellgebieten der Gebirge beziehen können, wie Wien, das erst gutes Wasser erhielt, als solches durch die Hochquellenwasserleitung vom Kaiserbrunnen am Schneeberg aus zugeführt wurde (1870 bis 1874).

In der Nähe der Gebirge muß ein Grundwasserstrom nach der Ebene zu strömen und der Grundwasserspiegel muß geneigt sein, während in der Ebene sich Grundwasserbecken bilden können, wie im oberen Rheinthal. Bei

Straßburg hat dasselbe eine Tiefe von 40 m, von denen 8 m Wasser führen. Man hat auch wohl, um sich über den Verlauf des Grundwasserniveaus einen Überblick zu verschaffen, wie in vielen anderen Fällen, Linien gezogen, die die Punkte gleicher Höhenstände des Grundwassers miteinander verbinden, Hypohydroisohyphen (Grundwassergleichhöhenlinien). Die Höhen des Grundwassers werden angegeben entweder von dem Meeresspiegel aus oder von dem nächsten Flußniveau aus, bei bestimmten Brunnen kann man auch die Abstände des Grundwassers von der Oberfläche messen und so die Schwankungen bestimmen.

So wichtig nun auch der Zusammenhang der Schwankungen des Grundwassers mit der Verteilung der atmosphärischen Niederschläge ist, so wenig sind doch die Wirkungen dieser Vorgänge auf den Untergrund in geologischer Beziehung bekannt; sie spielen aber für die Wasserversorgung und Gesundheitsverhältnisse die Hauptrolle.

Die Schwankungen bestimmen sich aus der Niederschlagsmenge und dem Sättigungsdefizit, der Menge Wasserdampf, welche die Luft aufnehmen müßte, um bei einer bestimmten Temperatur gesättigt zu sein, d. h. nichts mehr aufnehmen zu können. Hiernach kann man zwei Typen unterscheiden: hohe absolute Menge des Niederschlages und geringes Sättigungsdefizit. Die Jahresschwankung des Grundwassers wird durch den Jahresverlauf des Niederschlages beherrscht (München). Geringe absolute Menge des Niederschlages, hohes Sättigungsdefizit. Die Jahresschwankung des Grundwassers folgt der des Sättigungsdefizits (Berlin). Für Berlin werden amtlicherseits die Resultate der Beobachtungen folgendermaßen angegeben:

1) Der Spiegel des Grundwasserstandes von den natürlichen Wasserläufen angefangen, steigt in der Richtung nach den Thalwänden hin. Die Bewegung (Strömung) des Grundwassers findet in der Richtung nach den natürlichen Wasserläufen hin, welche dasselbe aufnehmen, statt; sie ist das Resultat des Bestrebens des Meteorwassers, sich ins Gleichgewicht zu setzen. Da die natürlichen Wasserläufe überall gewissermaßen Entlastungs-(Ablaufs-) Ventile des Grundwassers sind, das Grundwasser aber bei seiner konstanten Vermehrung durch Meteorwasser unter allen Umständen steigen würde, bis es einen Abfluß gefunden oder eine genügend große Verdunstungsfläche hat — eventuell bis über Terrainhöhe, wo es einen Teich oder See bildet —, so folgt mit Notwendigkeit, daß der Grundwasserspiegel ein nach den natürlichen Wasserläufen hin geneigter ist, mithin die Bewegung nach derselben Richtung hin stattfindet,

2) der Einfluß der unabhängig vom Grundwasser steigenden und fallenden Spree und ihrer Nebenarme auf das Grundwasser ist etwa derselbe, wie derjenige, welchen die See mit ihrem von den Zuflüssen unabhängigen Steigen und Fallen auf die Zuflüsse ausübt, d. h., daß ihr Steigen einen Anstau, ihr Sinken ein beschleunigtes Abfließen und somit ebenfalls ein Sinken der Zuflüsse, von der Mündung an abnehmend, verursacht,

3) beim Grundwasser wird die vorgenannte Wirkung als Folge der vorgenannten Ursache durch die Reibung, welche das Grundwasser an den in demselben befindlichen Sandkörnern erleidet, entsprechend verlangsamt,

4) das Grundwasser hat in den Monaten Januar und Februar seinen höchsten, in den Monaten August, September und Oktober seinen niedrigsten Stand,

5) die Differenz des höchsten und niedrigsten mittleren Monatswasserstandes beträgt, aus sämtlichen Beobachtungsstellen ermittelt, 0,7 m,

6) die Differenz des höchsten und niedrigsten Tageswasserstandes, aus sämtlichen Beobachtungsstellen ermittelt, beträgt 0,85 m, so daß

7) mithin Grundbauten, welche in den Monaten August, September und Oktober ausgeführt werden, gegen solche, die im Frühjahr zur Ausführung gelangen, den Vorteil haben, daß die kostspieligen Vorkehrungen zum Schutze gegen das Grundwasser erst in einer 0,6 bis 0,8 m größeren Tiefe beginnen,

8) die durchschnittlich niedrigste Temperatur des Grundwassers wird im März, die durchschnittlich höchste im September beobachtet. Das Steigen des Grundwassers fällt hiernach mit dem Sinken der Temperatur des Grundwassers, das Sinken desselben mit dem Steigen der Temperatur desselben ziemlich zusammen,

9) die Durchschnittstemperatur des Grundwassers beträgt im März + 5,31°, im September aber + 10,13°, die Wärme endlich des Grundwassers im Durchschnitt des ganzen Jahres und sämtlicher Beobachtungsstellen ist = + 7,67°.

In manchen Gegenden Berlins liegt der Grundwasserspiegel kaum 2 m unter dem Straßenniveau, so daß beim starken Steigen in den älteren Baulichkeiten es in die Keller treten konnte; auch sieht man oft bei den Neubauten einzelner Gegenden, wie die Häuser dem Grundwasser gegenüber besonders fundiert werden müssen (Betonkästen).

Die reichliche Versorgung mit gutem Wasser, das auch zur Fortspülung der Abfallstoffe der Menschen und Fabrikbetriebe benutzt werden muß, ist der wichtigste Punkt für die Sanirung, die Verbesserung der gesundheitlichen Verhältnisse der Städte, und die weitere Verbreitung der naturwissenschaftlichen Erkenntnis, daß so den ansteckenden Krankheiten am besten entgegengetreten wird, hat nach und nach die Fürsorge der Menschen nach sich gezogen. Verdankt doch Hamburg die verbesserte Wasserversorgung eigentlich dem lokalen Auftreten der Cholera (1892), — und daß diese naturwissenschaftliche Kenntnis weiter verbreitet werden muß, hat der berühmte englische Naturforscher Huxley in seiner Skizze „über die Dringlichkeit der Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts“ in der eindringlichsten und beredtsten Weise geschildert in einem Vortrage, gehalten in Martins-Hall, Sonntag, 7. Januar 1866, und in seinem Aufsatz über den pädagogischen Wert der Naturwissenschaften sowie in den Bemerkungen aus einer Nachtischrede über naturwissenschaftlichen Unterricht [1]). Sie sollten in den weitesten Kreisen bekannt sein.

Mögen die einleitenden Worte, in denen er die Stellung der neugegründeten englischen Royal Society als Repräsentantin der Forderung des naturwissenschaftlichen Geistes schildert, als Schlußworte dieser Bemerkungen dienen:

---

[1]) Reden und Aufsätze von Th. H. Huxley. Deutsche Ausgabe von Dr. Fr. Schultze. Berlin 1879.

Über die Dringlichkeit der Verbesserung des naturwissenschaftlichen Unterrichts.

„Es war vor nunmehr 200 Jahren — Anfang Januar 1666 —, als diejenigen unserer Vorfahren, welche diese berühmte und alte Stadt (London) bewohnten, wieder Atem schöpften inmitten der Angriffe zweier furchtbarer Unglücksfälle, von denen der eine noch nicht ganz vorüber war, obgleich seine Wut schon nachgelassen hatte, von denen der andere noch kommen sollte.

„Wenige Schritte entfernt von dem Orte, an welchem wir hier versammelt sind, erschien nach der Überlieferung in den Endmonaten des Jahres 1664 jene schmerzliche und tödliche Krankheit, die Pest; und obgleich sie kein neuer Gast war, warf sie doch im Laufe des folgenden Jahres das Volk Englands und besonders der Hauptstadt mit einer vorher nicht gekannten Heftigkeit nieder. Eine Meisterhand hat uns die Ereignisse jener unseligen Monate geschildert; und in jener wahrsten der Fiktionen, der Geschichte des Pestjahres, zeigt uns Defoe, wie der Tod, und in seinem Gefolge jeglicher Schmerz und Schrecken, durch die engen Straßen des alten London dahinschleicht und ihr geschäftiges Gesumme in Schweigen verwandelt ist, das nur unterbrochen wird durch das Klagen der Leidtragenden um 50 000 Tote, durch die quälerischen Anklagen und wahnsinnigen Gebete von Fanatikern und durch das noch wahnsinnigere Geheul verzweifelnder Bösewichte.

„Aber um diese Zeit, im Jahre 1666, waren die Todesfälle beinahe wieder auf ihren gewöhnlichen Betrag herabgesunken, nur hier und da kam noch ein Pestfall vor; und die reicheren Bürger, welche vor der Pest geflohen waren, waren in ihre Wohnungen zurückgekehrt. Der Überrest des Volkes begann wieder seine Thätigkeit in dem gewohnten Kreislauf der Pflicht oder des Vergnügens, und der Strom des städtischen Lebens versprach mit erneuter und ununterbrochener Kraft wieder in sein altes Bett zurückzufließen.

„Die neu entflammte Hoffnung aber war trügerisch. Die große Pest allerdings kehrte nicht mehr zurück; aber was sie für London gethan hatte, that dann weiter für London das große Feuer, welches im Herbst 1666 ausbrach; im September dieses Jahres war ein Haufen Asche und die unzerstörbare Kraft des Volkes alles, was von dem Glanze von fünf Sechsteilen der Stadt innerhalb der Mauern übrig blieb.

„Unsere Vorfahren hatten ihre eigene Weise, jeden dieser Unglücksfälle zu erklären, sie unterwarfen sich der Pest in Demut und Reue, denn sie hielten sie für ein Gottesgericht. Aber über das Feuer waren sie voll Wut und Entrüstung, indem sie es für das Werk menschlicher Bosheit erklärten —, als das Werk entweder der Republikaner oder der Papisten, je nachdem ihre Voreingenommenheit das Königtum oder den Puritanismus begünstigte.

„Ich glaube, demjenigen würde es übel ergangen sein, der hier, wo ich jetzt stehe und wo damals ein dichtbevölkerter und eleganter Teil Londons sich befand, gewagt hätte, unseren Vorfahren den Satz entgegenzuhalten, den ich Ihnen jetzt vorlege —, daß nämlich alle ihre Hypothesen in gleicher Weise falsch waren, daß die Pest ebenso wenig ein Gottesgericht in ihrem Sinne, als das Feuer das Werk irgend einer politischen oder religiösen Sekte war, sondern daß sie selbst die Urheber sowohl von Pest als Feuer waren, und daß sie auf sich selbst ihre Blicke richten müßten, um die Rückkehr von Unglücksfällen zu verhindern, die allem Anschein nach so ganz und gar außerhalb des Bereiches menschlicher Kontrolle und so offenbar die Folgen entweder göttlichen Zornes oder der List und Verschlagenheit eines Feindes waren.

„Jeder möge es sich ausmalen, wie harmonisch das heilige Fluchen des Puritaners von damals würde zusammengeklungen haben mit dem unheiligen Fluchen und dem rauhen Witz der Rochester und der Sedley und mit den Schmähungen der politischen Fanatiker, wenn mein angenommener ehrlicher Mann sogar weiter gesagt hätte, daß, sollte die Rückkehr solcher Unglücksfälle für immer unmöglich ge-

macht werden, dies nicht durch den Sieg des Glaubensbekenntnisses von Laud oder von Milton geschehen könne und ebenso wenig durch den Triumph des Republikanismus oder der Monarchie; sondern daß das einzige Mittel, um dieses Ziel zu erreichen, darin bestände, daß das englische Volk die Anstrengungen einer unbedeutenden Körperschaft (Royal Society) begünstigte, deren Gründung wenige Jahre vor der Zeit der großen Pest und des großen Feuers ebenso wenig bemerkt war, als ihre Anstrengungen offenbar waren."

Anhang zum Abschnitt Quellen.

Angabe einiger Mineralquellen.

Die Temperaturen dieser Quellen variieren nur wenig nach der Zeit und sind häufig ganz konstant, den mittleren Temperaturen des Ortes entsprechend, oft wenig höher, so daß sie z. T. Thermen genannt werden können. Außer den angegebenen Mineralquellen giebt es noch Quellen, die durch Berührung mit gewissen Gesteinen und Erzen besondere seltenere Bestandteile gelöst enthalten (Alaunquellen in Virginien, Grubenwasser, Vitriolwasser).

Alexanderbad im Fichtelgebirge:	Eisensäuerling.
Alexisbad im Harz:	Eisensäuerling.
Bex in der Schweiz:	schwefelwasserstoffhaltige Salzquelle.
Birresborn in der Rheinprovinz:	alkalischer Säuerling.
Bocklet bei Kissingen:	erdalkalische Soolquelle.
Driburg in Westfalen:	salinische Eisenquelle.
Franzensbad in Böhmen:	Sool- und Eisenquelle.
Freienwalde bei Berlin:	schwache Eisenquellen.
Friedrichshall bei Hildburghausen:	Soolwasser mit Bittersalz.
Hall in Ober-Österreich:	Soolquelle mit Jod- und Lithiumgehalt.
Halle a. d. Saale:	starke Soolquelle.
Homburg v. d. Höhe:	Stahl- oder Eisenquelle (11°).
Heilbrunn in Bayern (Adelheidsquelle):	Soolquelle mit Jod- und Bromgehalt (Jod- und Bromnatrium).
Johannesbad in Böhmen:	Eisenquelle, erdalkalisch.
Ischl in Österreich:	Soolquelle und Eisenquelle.
Kissingen in Bayern:	salinischer Eisensäuerling (Rakoczy) (Soolquelle 2 Proc. Kochsalzgehalt, 20° C.).
Kreuznach in Rheinpreußen:	brom- und jodhaltige Soolquelle (30,6° C.).
Marienbad in Böhmen:	alkalische Säuerlinge (viel Kohlensäure).
Neuenahr in der Rheinprovinz:	Natronsäuerlinge (21,25° C.).
Nenndorf:	kalte Schwefelquellen.
Oeynhausen bei Minden:	Soolquelle.
Schwalbach bei Wiesbaden:	Stahl- oder Eisenquellen.

Berühmte Quellen des Altertums.

(Die zuerst genannten enthalten keine auffallenden Bestandteile.)

Acidalische Quelle nördlich vom Kopaissee.
Arethusa auf der Insel Ortygia bei Syrakus.
Castalia bei Delphi.

Dirke bei Theben.

Hierapolis in Phrygien, Quellen mit kohlensaurem Kalk; Exhalationen von Kohlensäure.

Hippokrene am Helikon.

Lethe und Mnemosyne heißen jetzt Quellen bei Livadia.

Styx in Arkadien (Borax und Schwefelsäure haltend).

Thermopylä, Schwefelwasserstoffthermen.

Übersicht über die deutschen Heilquellen.

Hier möge nur entgegen dem oben eingehaltenen Prinzip eine Gruppierung der Quellen nach ihren Bestandteilen erfolgen und es sollen dann einige Beispiele von Analysen gegeben werden[1]). Eine scharfe Trennung von den Thermen läßt sich nicht überall durchführen.

Man kann die Heilquellen, wenn man ihre Hauptbestandteile zu Grunde legt, folgendermaßen gruppieren:

1) Quellen, die sehr wenig feste Substanzen gelöst enthalten; indifferente Quellen, meistens Thermen: Gastein, Pfäffers, Ragaz (Wildwässer), Badenweiler, Wildbad, zum Teil Wiesbaden[2]).

2) Quellen, die ausgezeichnet sind durch großen Gehalt an Kohlensäure, sonst aber besonders hervortretende Bestandteile nicht enthalten, Säuerlinge: Reinerz, Schwalbach, Marienbad.

3) Stahlquellen, Eisenquellen, Eisenwässer und Vitriolwässer. Die Stahlquellen sind Säuerlinge mit Gehalt an kohlensaurem Eisenoxydul, Ferrokarbonat, $FeCO_3$, das durch die Kohlensäure gelöst gehalten wird. An der Luft trübt sich das Wasser allmählich unter Bildung eines ockrigen Absatzes von Eisenhydroxyd (Chemie, S. 395). Hierher gehören Pyrmont, Alexisbad, St. Moritz, Schwalbach, Spaa, Cudowa, Steben u. s. w. Die Vitriolwasser enthalten Ferrosulfat, schwefelsaures Eisenoxydul (vergl. Chemie, S. 398) gelöst; sie sind stark arsenhaltig und haben einen stark tintenartigen Geschmack, der auch bei den Stahlquellen etwas hervortritt: Schemnitz. Man teilt übrigens die Eisenquellen weiter nach Nebenbestandteilen ein in: reine Eisenwässer; alkalische Eisenwässer, die Natriumkarbonat enthalten; salinische, die Glaubersalz, muriatische, die Kochsalz, und erdige, die Calciumkarbonat enthalten. Sie sind keine Thermen und werden oft durch künstliche Eisenwässer [pyrophosphorsaures Eisen (vergl.

---

[1]) Eine eingehende erschöpfende Zusammenstellung über „Deutschlands Heilquellen und Bäder“ (deutsch, französisch, englisch, mit Abbildungen) ist vom kaiserlichen Gesundheitsamte zu Berlin gelegentlich der Pariser Weltausstellung 1900 herausgegeben. Es sind 321 Badeorte einschließlich der Seebäder berücksichtigt.

[2]) An ein und demselben Orte oder in derselben Gegend treten oft mehrere Arten von Quellen auf, so daß derselbe Badeort verschiedene Heilquellen bietet — Pyrmont: Stahlquelle, Soolquelle, welche letzteren sich überhaupt am häufigsten finden.

Chemie, S. 398)] ersetzt, die als Trinkwasser benutzt werden, um noch besondere Eisenpräparate dem Körper zuzuführen.

4) Alkalische Quellen mit größeren Mengen von Salzen, die sonst auch im gewöhnlichen Wasser gelöst vorkommen, neben einem bemerkenswerten Gehalte an Natriumkarbonat. Sie werden genannt alkalische Säuerlinge, wenn saures Natriumkarbonat $NaHCO_3$ und Kohlensäure allein die Hauptbestandteile sind: Selters, Bilin; alkalisch-muriatische Quellen (Salzsäure HCl, acidum muriaticum [von murias, Salzlake]), wenn Kochsalz, alkalisch-salinische Quellen, wenn Glaubersalz hauptsächlicher Nebenbestandteil ist. Hier schließen sich an Quellen, welche arsenhaltig (arsensaure Salze) sind: Levico, Linda, Hermannsbad, Lausigk, oder andere besondere Bestandteile enthalten: Flinsberg (Titansäure).

5) Die Bitterwässer enthalten schwefelsaure Magnesia als charakteristische Substanz gelöst: Saidschütz, Püllna, Epsom, Ofen (Hunyadi János-Wasser). Die alkalisch-erdigen Quellen besitzen oft einen so hohen Gehalt an Calciumkarbonat $CaCO_3$, daß sich dieses in reichlicher Menge, wenn es an die Luft tritt, absetzt: Karlsbader Sprudelstein (vergl. Thermen, S. 415).

6) Die Soolen oder Kochsalzwässer sind durch einen höheren oder geringeren Gehalt an Kochsalz (1,5 Proz.) ausgezeichnet; sie sind keine Thermen und können wieder nach Nebenbestandteilen in Kochsalzsäuerlinge, salinische, erdige Kochsalzwasser geschieden werden, oder nach besonderen Bestandteilen in Lithium-, Jod-, Bromquellen, d. h. Quellen, welche Chlorlithium oder Jod und Bromnatrium enthalten. Die Soolquellen finden sich in vielen Bädern: Artern, Frankenhausen, Kösen, Harzburg, Wittekind, Oeynhausen und Schönebeck und in den Bädern, wo schon der Name Salz darauf hinweist: Salzgitter, Salzungen, Salzbrunn, Salzuffeln, Salzderhelden, Sulza, Sulzbach u. s. w. Jod- und bromhaltige Quellen: Dürkheim, Kissingen, Tölz, Kreuznach. Lithiumhaltige: Salzschlirf, Baden-Baden, Nauheim, Kreuznach.

7) Die erdigen Quellen sind ausgezeichnet durch den hohen Gehalt an Calciumkarbonat (Löslichkeit durch Kohlensäure bedingt): Lippspringe, Wildungen, oder an Gips: Leukerbad u. s. w.

8) Die Schwefelquellen enthalten Schwefelwasserstoff, Schwefelalkalien oder auch, wie die Quellen der Pyrenäen, Schwefelverbindungen der Alkalierdmetalle (Calciumsulfid CaS, Baryumsulfid BaS), gelöst, sie sind meist Thermen: Aachen, Burtscheid, Warmbrunn, Herkulesbad u. s. w., aber auch kalte Quellen: Nenndorf, Stachelberg in der Schweiz und ein großer Teil der Heilquellen der Pyrenäen, Baden bei Wien, Baden bei Zürich gehören hierher.

9) Alaunquellen und salpeterhaltige Quellen sind sehr selten. Bachem am Niederrhein und Bath mögen als Beispiele für die ersteren, Molsetta in Italien für die letzteren angeführt werden; auch enthalten einige Quellen Ungarns Salpeter.

10) Inkrustierende und versteinernde Quellen. Zu den ersteren kann man vor allem den Karlsbader Sprudel rechnen. Die Absetzungen von Calciumkarbonat sind so bedeutend, daß Äste, Zweige, Nüsse, Blätter, Disteln und Karden, in den Sprudel getaucht, schon nach wenigen Tagen vollständig inkrustiert sind. Häufig sind diese Quellen in Italien: Terni, Tivoli, St. Filipe, Padua. Viele versteinernde Quellen enthalten Kieselsäure; wenn der Gehalt reichlicher ist, vermögen sie Gegenstände schnell zu verkieseln.

Auf die iatrochemischen (Heil-)Wirkungen der Bäder und die Einteilung derselben nach den Leiden, für welche sie bestimmt sind, kann hier nicht eingegangen werden.

Vielfach ist der Aufenthalt in den Bädern dadurch heilsam, daß sich die Patienten einer geregelten Diät bei ruhigem, arbeitsfreiem Leben, verbunden mit mäßiger Bewegung und möglichst ausgedehntem Aufenthalt in freier Luft, unterwerfen.

Analysen einiger Quellen [1]).

Wie weit die Zusammensetzung der Quellen ganz konstant ist, ob Meteorwässer (starke Regenfälle), große Trockenheit sie beeinflussen, ob sich nicht durch Berührung mit anderen Schichten im unterirdischen Verlauf eine allmähliche Veränderung vollzieht, alles das sind Fragen, die noch wenig geklärt sind. Daß geringe Umänderungen in der Zusammensetzung stattfinden, die den Quellen in ihrer Wirkung keinen Eintrag thun, ist bekannt. Die Mineralquellen gehören zu den aufsteigenden Quellen und daß das Spaltensystem, dem sie entstammen, oft tief in die Erde hinabreicht, erklärt die erwähnte Thatsache, daß sie von Erderschütterungen oft beeinflußt werden.

Außer den festen Bestandteilen müssen auch die Gase, das spezifische Gewicht und die Temperatur der Quellen bestimmt werden. Die letztere, die meist konstant ist (abgesehen von geringen Schwankungen), zeigt ebenfalls, daß auch andere Quellen aus größeren Tiefen stammen.

Die Leitungen der Bäder könnten für das wissenschaftliche Studium der Quellen mehr Material liefern, als es gewöhnlich geschieht. Es sollten wenigstens die Daten der Zusammensetzung in jedem Jahre neu bestimmt werden. Wenn die Badeverwaltungen solche Untersuchungen regelmäßig durchführen ließen, so würden manche Fragen sicherer gelöst werden können, als es heute möglich ist. Der Einfluß der Meteorwässer auf die verschiedenen Quellen, die Wirkungen des Luftdruckes, der Bodenerschütterungen u. s. w. würden hervortreten.

Für die Vergleichung der Zusammensetzung tritt noch eine Unbequemlichkeit hervor, daß nämlich die Analysen vielfach lauten auf 1000 Teile berechnet, wörtlich also: auf 1000 Teile Wasser kommen so und so viel feste Bestand-

[1]) Bei den Analysen sind sehr häufig noch die alten Apothekergewichte in Anwendung: 1 Pfd. = 12 Unzen = 96 Drachmen = 288 Skrupel = 5760 Gran; 1 Pfd. = 357,8 g. In England 1 Troy (= 12 Ounces [oz.], 1 oz. = 20 Pennyweights [dwts.], 1 dwt. = 24 Grains) = 5760 Grains; 1 grain = 0,0648 g; 1 g = 15,432 grains Troy; 1 Gallone = 4,543 Liter. Die Umrechnungen sind vielfach nicht erfolgt.

teile, während besser die Angaben gemacht würden: in 1000 Teilen (Gewichtsteilen) des Mineralwassers sind so und so viel Gewichtsteile fester Substanz gelöst. Wenn auch bei der Kleinheit der Zahlen der Unterschied nicht groß ist und die Reduktion unschwer geschieht, so sollten in allen solchen Angaben einheitliche Prinzipien durchgeführt werden, die die Übersicht erleichtern und für den Vergleich Zeit ersparen: der Elisabethbrunnen in Homburg enthält auf 1000 Teile 13,98664 feste Bestandteile, also in 1000 Teilen 13,79 Gewichtsteile. Der ebendaselbst befindliche Luisenbrunnen enthält auf 1000 Teile nur 4,565 Teile fester Substanz.

Gewöhnlich werden die Angaben der festen Substanzen so gemacht, daß die chemischen Verbindungen angegeben werden, welche darin enthalten sind; bisweilen findet man auch nur die dieselben zusammensetzenden Bestandteile angeführt; auch ist bei der Angabe der gelösten Gase die Angabe dem Gewichte und dem Volumen nach im Gebrauch. Die Kohlensäure, welche die Löslichkeit des Calciumkarbonats, Eisenoxydulkarbonats (Ferroverbindungen; vergl. Chemie, S. 390) bedingt, wird oft zum Teil als Bikarbonat berechnet.

Analysen der Ofener Bitterquellen (Temperatur 12,5° C.).

	Im Liter: Stefansquelle (spez. Gew. 1,0348)	Im Liter: Hildegardquelle (spez. Gew. 1,016)
Magnesiumsulfat	18,396	5,299
Natriumsulfat	14,596	8,347
Calciumsulfat	0,722	1,812
Chlornatrium	2,656	1,123
Natriumkarbonat	7,233	2,774
Calciumkarbonat	—	0,450
Magnesiumkarbonat	—	0,295
Kieselsäure	0,021	0,014
	43,624	20,114

Mineralquellen von Drouskencki (Grodno, Rußland).

	Im Liter		1835	1881
1835	5,324 g	Chlor	62,60 Proz.	59,51 Proz.
1867	7,6267 „	Natrium	28,50 „	18,00 „
1871	7,831 „	Calcium	8,37 „	14,01 „
1881	9,978 „	Magnesium	1,99 „	7,16 „

Die Nenndorfer Trinkquelle (Rb. Kassel).
Schwefelquelle (Temperatur = 11,25° C. konstant).

16 Unzen enthalten:

schwefelsauren Kalk	8,121 Gran[1])
kohlensauren Kalk	3,381 „
schwefelsaure Magnesia	2,318 „
schwefelsaures Natron	4,549 „
schwefelsaures Kali	0,339 „
Chlormagnesia	1,851 „
Kieselerde	0,162 „
Calciumsulfhydrat	0,555 „
	21,276 „

Schwefelwasserstoff	21,12 ccm
Kohlensäure	85,88 „
Stickstoff	8,95 „
Grubengas	0,72 „

[1]) Gran vgl. Anmerkung auf voriger Seite.

Das Wasser der Tönnissteiner Mineralquelle (Eifel).

1 Liter Mineralwasser enthält:

Kaliumsulfat (K_2SO_4)	0,07213 g
Natriumsulfat (Na_2SO_4)	0,15324 „
Jodnatrium (NaJ)	0,00004 „
Chlornatrium ($NaCl$)	1,40236 „
Bromnatrium ($NaBr$)	0,00064 „
Natriumnitrat ($NaNO_3$)	0,00071 „
Natriumphosphat (Na_2HPO_4)	0,00003 „
Aluminiumphosphat [$Al_2(PO_4)_2$]	0,00017 „
Lithiumkarbonat (Li_2CO_3)	0,00303 „
Natriumkarbonat (Na_2CO_3)	1,74564 „
Ammoniumkarbonat $(NH_4)_2CO_3$	0,00452 „
Baryumkarbonat $BaCO_3$	0,00001 „
Strontiumkarbonat $SrCO_3$	0,00005 „
Calciumkarbonat $CaCO_3$	0,28072 „
Magnesiumkarbonat $MgCO_3$	0,79622 „
Ferrokarbonat $FeCO_3$	0,02908 „
Mangankarbonat $MnCO_3$	0,00015 „
Kieselsäure SiO_2	0,02461 „
Borsäure B_2O_3	Spuren
	4,51335 g

Gehalt an Kohlensäure { halb gebunden 1,30119 (an Kalk). frei . . . . . 2,79929.

Aus der zuletzt angeführten Analyse ersieht man, wie bei sehr genauer Untersuchung auch seltenere Stoffe in den gewöhnlichsten Quellen in geringen Mengen gefunden werden. Die jetzt so vervollkommneten chemischen Untersuchungsmethoden haben gezeigt, daß sehr viele, auch seltenere Elemente in der Natur, wenn auch in kleinen Mengen, weit verbreitet sind. Auf das Vorkommen der Luftgase einschließlich der Mineralgase (Helium) in vielen Heilquellen mag auch hier hingewiesen werden.

3. Strömende Gewässer.

Wenn wir die verschiedenen Wasserläufe ihrer Größe nach unterscheiden als Quellen, Bäche, Flüsse, Ströme, und die stehenden Gewässer als Sümpfe, Tümpel, Teiche, Weiher, Seen, Meere, so liegt auf der Hand, daß in den geologischen Wirkungen dieser Bildungen nur ein relativer Unterschied sein wird, überall aber, wie auch schon bei den Wirkungen des Wassers im allgemeinen auseinandergesetzt ist, dieselben Arten der Umänderungen und Bildungen vorhanden sein müssen.

Manchmal treten die Quellen der Flüsse gleich mit solcher Wassermenge aus den Spalten aus (in Kalkgebirgen, Vaucluse in der Provence, die Quelle der Orbe bei Vallorbe in der Schweiz), daß von einer Quelle kaum zu reden ist, und Bäche nehmen ebenso nach kurzem ober- oder unterirdischen Lauf flußartigen Charakter an. Bisweilen verschwinden auch mächtige Ströme stellenweis unter der Erde; das bekannteste Beispiel war die Perte du Rhône (bei Fort Lecluse), die jetzt zum größten Teil künstlich beseitigt ist.

Die Wirkungen sind natürlich innerhalb des Wasserlaufs verschieden. Fall (Niveaudifferenz) und Wassermenge bedingen oft plötzlich eintretende Änderungen der Geschwindigkeit des Fließens; Beschaffenheit der Ufer und des Bettes, der Gestaltung und Neigung derselben u. s. w. üben den größten Einfluß auf die Umänderungen im Flußlauf aus, und es würde ein interessantes Bild darbieten, den Lauf eines deutschen Stromes, der Elbe oder des Rheins, geologisch vollständig zu verfolgen. Diese Einzelbilder können hier nicht gegeben werden; eine physikalische Geographie von Deutschland (Physiographie) würde die Flußläufe in dieser Weise mit verfolgen können und darstellen müssen. Die Rolle der Seen, die Wirkungen der Überschwemmungen und Hochwasser, der Einfluß von Stromschnellen und Wasserfällen, die Gegenarbeit der Menschen, alles dies würde sich in der Detailzeichnung ergeben und dabei unmittelbar auch Anknüpfungspunkte an frühere Epochen (Diluvium, Tertiär) herbeiführen.

Die Bildungen der Landseen, die meist von Flüssen durchströmt werden und Abzugskanäle haben, aber auch geschlossene Seebecken sein können, bieten andere Besonderheiten (Torf, Moorbildung an den Rändern, allmähliche Vertorfung, oder bei tiefen Becken Deltabildung der Flüsse, wie im Boden- und Genfer See, oder auch Senkungen des Ufers mit Abrutschungen, wie beim Zuger See; vergl. Abschnitt Seen, S. 495 ff.

Abgesehen von den gewöhnlichen Verhältnissen werden sich die Wirkungen der fließenden Gewässer besonders steigern, wenn Hochwasser durch großen Regenfall, wie bei dem Hochwasser in Schlesien 1897, oder durch starke Schneeschmelze, wie es im Frühjahr bei vielen Strömen der Fall ist (Rhein), eintreten; dann steigern sich die geologischen Wirkungen bedeutend, werden aber wegen der dadurch gleichzeitig hervorgerufenen Gefahr für Leben und Besitz der Menschen nur wenig systematisch verfolgt; die mechanisch transportierenden und absetzenden Wirkungen des Wassers treten dann besonders hervor, und die überschwemmten Landgebiete sind oft aus fruchtbarem Ackerboden in zuerst mühselig zu bearbeitenden Steinboden umgewandelt und mit Kies und Geröll bedeckt.

Da der Kohlensäuregehalt des Flußwassers geringer ist als der des Quellwassers und dabei größere Mengen Wasser vorhanden sind, ist das Flußwasser, das auch lösend wirkt, ein bedeutend reineres Wasser als das Quellwasser, es finden sich in ihm weniger feste Bestandteile gelöst (10 000 Teile enthalten durchschnittlich 0,26 bis 4,5 Gewichtsteile feste Substanzen; weiches Wasser, vergl. Chemie, S. 56). Der Quantität nach herrschen auch hier Kalksalze gegenüber den Magnesiasalzen und Kali, Natron, Thonerde und Eisenverbindungen vor; häufig finden sich organische Substanzen gelöst (Humussäure gebunden an basische Körper u. s. w.), die dem Wasser eine dunkle, fast schwarze Farbe erteilen; sie entstehen, wenn das Wasser lange mit Humusboden in Berührung war (Moorwasser; z. B. sind die Ilz, Nebenfluß der Donau, der Rio Negro, Nebenfluß des Amazonas in Südamerika, tief braun gefärbt). Selbst in anscheinend klarem Wasser sind oft noch feste Teilchen schwebend (suspendiert) vorhanden, die in trübem Wasser in großen Mengen sich vorfinden. Die Gletscherbäche und Ströme, Rhein, Rhone, Reuß, verdanken ihre

schmutzig weißlich-graue Farbe den suspendierten Stoffen; die Seen, Bodensee, Genfer See, Vierwaldstädter See sind die Klärungsbecken, aber selbst bei der herrlichen grünblauen Färbung dieser Seen (Genfer See blau) spielen äußerst feine Teilchen, die im Wasser fein zerteilt sind, noch eine Rolle. Suspendierte Substanzen in größerer Menge erteilen den Flüssen gelbliche, gelbbraune, graue Färbungen, die sich oft bei Nebenflüssen (Nahe bei Bingen) und im Meere (Kongomündung) weit in dem Hauptstrome (Rhein) oder Meere (Atlantischer Ocean) verfolgen lassen; auch wirken in dieser Beziehung die Städte, welche an den Flußläufen liegen, bedeutend mit; oft wird durch dieselben eine merkliche Zufuhr an suspendierten und gelösten Substanzen, nicht zu Gunsten der Beschaffenheit des Flußwassers, herbeigeführt.

Im allgemeinen findet die Verteilung der festen Substanzen im Flußlaufe folgendermaßen statt. Die gelösten Substanzen sind im Hochgebirge in kleinster Menge vorhanden. Die mechanisch mit fortgeführten Mengen sind dort bedeutend größer, und die Wirkung nimmt dann folgenden Verlauf: In den Quellregionen des Flusses, wo die Wasserläufe eine starke Neigung haben, so daß sie oft in Stromschnellen und Wasserfälle übergehen, wo durch temporäre große Niederschläge oder durch Schneeschmelzen die Wassermassen bedeutend anschwellen, wird die mechanische Kraft so bedeutend sein, daß nicht nur kleinere Bruchstücke und Teilchen suspendiert erhalten werden, sondern Felsblöcke und größere Geschiebe mit forttransportiert werden können; nimmt die Neigung ab, so bleiben zuerst die größeren Gerölle zurück, die an ihren Kanten abgerundet werden; eine ähnliche Abänderung trifft die kleineren Geschiebe und Rollsteine, die alle ihre eckige Gestalt verlieren und oft die regelmäßigste Form (Eiform, scheiben- und kugelförmige Gestalt; z. B. die Imatrasteine am Imatrafall in Finnland) annehmen können.

Bei einer Neigung des Bettes von 5° entstehen schon Stromschnellen, bei 20′ (Min. = $^1/_3$°) werden noch faustgroße Kiesel fortgetrieben, bei 3′ Fall findet schon die Schiffahrt Schwierigkeiten. Man kann diese Messungen auch auf die Strömungsgeschwindigkeit beziehen und findet dann, daß feiner Schlamm bei 6 bis 7 cm Geschwindigkeit, feiner Sand bei 1,8 dm, eckiger Sand bei 2,1 dm und Kiesel von 2,5 bis 3 cm Durchmesser bei 6,5 dm Geschwindigkeit liegen bleiben. So ist der Fall des Rheins von Basel bis Straßburg bei einer Entfernung von 137 km von 245 m auf 144 m, also 101 m, also auf 1 km 0,73 m; von Koblenz bis Köln bei einer Entfernung von 95 km von 58 m auf 37 m, also 21 m, bezw. 0,221 m für das Kilometer.

Die Strömungsgeschwindigkeit ist überdies von der Tiefe und Gestalt des Flußbettes abhängig; durch Reibung an den Strombetten und jeden Widerstand wird die Bewegung verlangsamt. Die mittlere Geschwindigkeit der Ströme beträgt 0,63 bis 1,25 m, bei letzterer Geschwindigkeit ist schon die Schiffahrt sehr schwierig; in den Ebenen ist die Geschwindigkeit meist nur 1 bis 5 dm.

Die **Mengen von Material**, welche die Flüsse mit fortschaffen, sind ganz ungeheuer, — z. B. wird die Menge beim Nil auf 69 000 000 cbm (im Jahr) geschätzt, verteilt sich aber sehr ungleich, die Menge an Schlamm ist zur Zeit der Überschwemmungen (August, September) am größten; der Po führt

jährlich 46 000 000 cbm, die Donau täglich 208 500 cbm fort. Es ist natürlich, daß, um die Schiffahrt zu halten, die Betten der Ströme durch Baggerung frei gehalten werden müssen, so werden z. B. in der Elbe jährlich durchschnittlich 565 000 cbm Schlamm durch Baggerung gehoben. Hier mögen noch einige Zahlenangaben folgen.

Fluß	Es enthalten 10 000 Teile	Fluß	Es enthalten 10 000 Teile
Maas	1,28	Seine	1,90 bis 4,32
Garonne	1,36	Themse	0,45 bis 4
Rhone	1,82	und zur Flutzeit	3,87 bis 16,17
Donau	1,17 bis 2,34	Jordan	10,52
Rhein	1,58 bis 3,17	Nil	15,8

Von den im Rhein enthaltenen Substanzen waren:

	bei Straßburg.	Bonn im März 1851.	Bonn im März 1852.
kohlensaure Salze (Kalk-Magnesia)	1,41	0,446	1,011
Chlornatrium	0,02		0,145
schwefelsaure Salze	0,28	0,389	0,435
Kieselsäure	0,45	0,205	0,089
Thonerde	0,085	0,083	0,028
	2,245	1,123	1,708

Es führten fort an Substanzen:

Nil, jährlich 68720 000 cbm.
Rhone, jährlich 21 000 000 cbm.
Po, jährlich 46 000 000 cbm.
Irawaddy, jährlich 102 500 000 Tons.
Ganges, jährlich 180 000 000 cbm Schlamm, zeitweise $^1/_{98}$ der Wassermenge.
Mississippi, jährlich 1 engl. Quadratmeile 73,4 m hoch bedeckend, die Schlammmasse beträgt ca. $^1/_{3000}$ der Wassermenge.
Donau, täglich 208 500 cbm.
Elbe, jährlich 565 000 cbm Schlamm durch Baggerung gehoben.

Auch beim Tiber ist die Menge des fortgeführten Schlammes sehr beträchtlich und wird auf $^1/_{200}$ der Wassermenge geschätzt. Ähnlich ist es bei den übrigen, zum Teil nur kleinen Flüssen Italiens. Leicht erklären sich daraus die Versandungen an den Strommündungen und die Küstenänderungen Italiens seit der Römerzeit. Ist doch selbst in dem letzten Jahrhundert der Zuwachs Italiens an Land ein ganz bedeutender gewesen; er ist genauer an dem Podelta verfolgt; die Messungen von 1893 wurden mit der Mappierung von 1823 verglichen und es ergab sich daraus, daß das Podelta in 70 Jahren um 762 qkm, das heißt $^1/_{600}$ des Flächenraums von ganz Italien, gewachsen war. Von der Größe der Flußgebiete sind diese Mengen nicht direkt abhängig, wohl aber von der geologischen Beschaffenheit.

Umfang einiger Flußgebiete
in Quadratmeilen (1 Quadratmeile = 55 qkm).

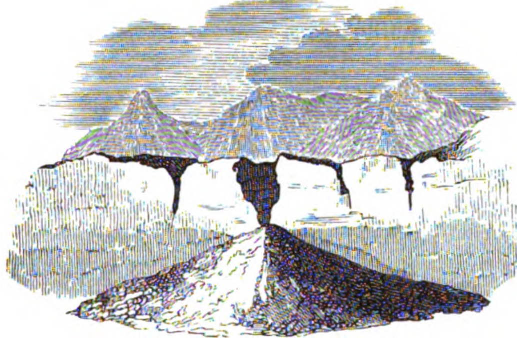
Amazonas	133250	Ganges	19225	Weichsel	3260
Ob	61429	Hoangho	18880	Rhein	3060
Mississippi	56213	Indus	15145	Elbe	2763
Nil	38000	Donau	14084	Rhone	1730
Wolga	24330	Amu	9444	Seine	1259
St. Lorenz	23991	Euphrat	6000	Po	1351

Besondere Bildungen.

α) Schuttkegel.

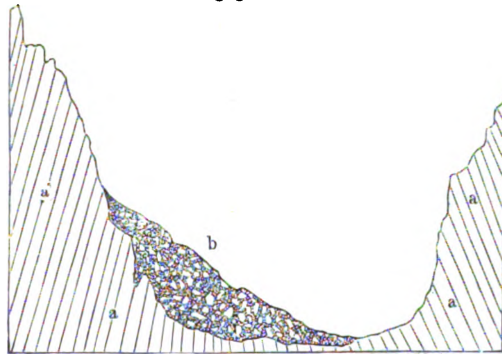
Von besonderen Bildungen mögen zunächst die Schuttkegel erwähnt werden; sie bilden sich an Stellen, wo Wildbäche, Wasserläufe mit starken Neigungen, in die Thalsohle treten oder über steile Gebirgsabhänge plötzlich in eine tiefere Etage herunterstürzen, gleichviel ob sie fortwährend thätig sind oder nur zur Zeit von Hochwasser. Die Schuttkegel bestehen aus kegelförmig schräg gegen die Thalwandung angelehntem lockeren Gesteinsmaterial von verschiedenster Größe, das ein Bild der Felsarten giebt, mit welchen der Wildbach in Berührung kam; der Abhang der Schuttkegel beträgt oft 30° (bis 45°), doch hängt die Neigung von der Beschaffenheit und Größe des Gesteinsmaterials ab. Sie finden sich häufig in den Alpen (Glarus, Etschthal, oberes Rhonethal u. s. w.) und anderen Hochgebirgen. Ist die Neigung des Baches geringer und erweitert sich sein Thal plötzlich, so breitet sich der Schuttkegel weit aus und setzt sein Geröll auf weite Strecken an beiden Ufern ab, so daß solche Bäche deltaartige Mündungen zu haben scheinen, die zur Zeit niedrigen Wasserstandes die Bildung überblicken lassen; solche Schuttkegelmündungen kann man auch in unseren deutschen Bächen nach plötzlichen Schneeschmelzungen oder nach heftigen Regengüssen beobachten. Die Abbildungen Fig. 252 und 253 zeigen Ansicht und Durchschnitt eines Schuttkegels.

Fig. 252.



Ansicht eines Schuttkegels, dessen Materialien aus der Schlucht einer senkrechten Alpenthalwand hervorgedrungen sind.

Fig. 253.



Durchschnitt eines Schuttkegels.
a Anstehende Felsmassen, b Schuttkegel.

β) Erhöhungen der Flußläufe, Vertiefungen.

Die großen Mengen von Material, welche die Ströme mit sich führen, bewirken in vielen Fällen eine Erhöhung des Flußbettes, wie beim Po, wo

das Flußbett an vielen Stellen höher liegt als das benachbarte Land; auch bei unseren deutschen Strömen erfolgen solche Erhöhungen, denen durch Regulierung, Baggerung, Buhnenanlagen u. s. w. entgegengetreten wird. An den Stellen, wo der Fluß mehr Material fortführt als zuführt, also bei starker Strömung, findet eine allmähliche Vertiefung des Flußbettes, eine Ausnagung (Erosion) statt, ein Resultat, wie man es in vielen tief ausgeschnittenen Flußthälern von Plateaus bemerkt, so bei den Barrancos in den Hochebenen von Mexiko, die in den Prärieen durch frühere Regenfälle und Einwirkungen des Wassers entstanden. Alle diese Bildungen zeichnen sich durch Steilwände, an denen die früheren Wirkungen des Wassers wahrnehmbar sind, aus (vergl. unten).

Erhöhungen. Die erstere Wirkung kann bei den Strömen bedeutende Änderungen im Lauf herbeiführen, die von großen Überschwemmungen begleitet sind. So mündet jetzt der Hoangho (Hwangho) in China in den Petschili-Golf, das neue Gelbe Meer, während er bis 1862 seine trüben schlammigen Fluten in das äußere Gelbe Meer südlich von Kiautshou ergoß, also eine größere Verschiebung, als wenn die Elbe in die Odermündung einbiegen oder die Oder zur Elbe gehen würde. Auch die Rhein- und Pomündungen haben in historischer Zeit durch Natur und Kunst manche Änderungen erfahren, und die Verlegung des Laufes des Oxus, Amu Darja, der im Altertum in das Kaspische Meer, jetzt in den Aralsee mündet, hat für jene Gegenden verhängnisvolle Änderungen nach sich gezogen. Solche Flußlaufverlegungen haben in großem Maßstabe zur Diluvialzeit Norddeutschland heimgesucht, wo die Verhältnisse dafür sprechen, daß Weichsel und Oder einen westlichen Lauf nahmen und Oder und Elbe unmittelbar in Verbindung standen.

Ein besonderer Einfluß auf allmähliche Verlegung des Bettes bei den von Süden nach Norden oder von Norden nach Süden strömenden Flüssen wird der Erdrotation zugeschrieben. Ganz besonders läßt sich dies bei den Strömen der norddeutschen Tiefebene und des nördlichen Rußlands und Sibiriens nachweisen; danach haben diese Ströme die Neigung, unterstützt von der Erdrotation, das östliche Ufer besonders anzugreifen und ihren Lauf so nach und nach zu ändern. Das fließende Wasser der gegen den Pol hinfließenden Ströme bringt eine größere Rotationsgeschwindigkeit mit, als den höheren Breiten zukommt, und dringt gegen das östliche Ufer an, dieses wird angegriffen und angenagt und es entstehen steilere Ufer (Bergufer), während das linke flacher ist (Wiesenufer); bei den von Norden nach Süden strömenden muß ebenfalls das rechte (hier westliche) Ufer stärker angegriffen werden, da die Wassermassen aus Gebieten mit geringerer Geschwindigkeit in solche mit größerer treten. Auf der südlichen Halbkugel würde die Sache umgekehrt sein. Es muß jedoch hervorgehoben werden, daß manche Verhältnisse nicht mit diesem Gesetz übereinstimmen, so daß es ein eigentliches Gesetz (v. Baersches Gesetz: die meridionalen Flüsse werden auf der nördlichen Halbkugel nach rechts, auf der südlichen nach links durch die Erdrotation abgelenkt) kaum genannt werden kann.

Die Änderungen des Flußlaufes treten nicht bloß an der Mündung oder besonderen Stellen ein, sondern finden allmählich auf dem ganzen Laufe statt.

Zu Seite 481.



Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Fig. 254. **Die Gorge du Trient.**

Die Krümmungen sind, abgesehen von den Fällen, wo der Fluß in einem Spaltenthale oder Längsthale strömt, nach dem Gesetz des geringsten Widerstandes entstanden: das Wasser bricht sich Bahn, wo es den geringsten Widerstand am Ufer findet. Schon durch schnellere und langsamere Strömungen werden die Ufer verändert: bei einer geringen Biegung wird die größte Geschwindigkeit der Strömung nach der Hohlseite verschoben, es findet dort eine stärkere Ausnagung statt, während am gegenüberliegenden Ufer mitgeführtes Geröll und Sand abgelagert werden und der Fluß seicht wird; auch können sich tote Arme in dieser Weise bilden. Flüsse mit auffallend viel Krümmungen (mäandrischer Lauf, nach dem Mäander in Kleinasien, der sehr viele Krümmungen zeigt, genannt) haben auch wir in Deutschland in ziemlicher Menge; die Mosel und der frühere Lauf des Oberrheins von Basel bis Mannheim bieten schöne Beispiele dafür. Bei einer Krümmung wird die Linie größter Geschwindigkeit nach dem Hohlufer verschoben, so daß die Krümmungen von den Isotachen, den Linien gleicher Stromgeschwindigkeit abhängen.

Die Bildung der Flüsse kann man im kleinen an den Gerinnseln beobachten, die nach starken Regengüssen auf schwach geneigtem Erdboden sich bilden; in mäandrischen Krümmungen, die durch Terraineinsenkungen geleitet werden, fließt das durch suspendierte Stoffe meist gelblichbraun (Lehmboden) gefärbte Wasser kleinen Seen zu, oft kleine Deltas vor diesen bildend. Die Abhängigkeit der Geschwindigkeit der Strömung von der Neigung des Terrains läßt sich deutlich erkennen, ebenso wie die mit der Geschwindigkeit gesteigerte Wirksamkeit.

Übrigens kommt auch bei den Flußkrümmungen das Baersche Gesetz in Betracht, das sogar bei den Stromregulierungen sich bemerkbar machen soll; so sind beim Oberrhein zwischen Straßburg und Maxen in Baden die Prellstellen des regulierten Rheins am rechten Ufer tiefer als am linken (Tiefe 6 bis 7 m).

Vertiefungen. Die Erosionen durch Ströme in Gebirgen führen die verschiedensten Namen: Klamm, Grund, Schlucht, Gorge (Gorgo), Tobel, enge Wege; sie sind öfters durch Vertiefung und Erweiterung von Spalten entstanden.

Ein treffliches Beispiel einer solchen Schlucht bietet die Gorge du Trient bei St. Maurice, deren Abbildung Fig. 254 zeigt. Diese berühmte Schlucht ist durch eine Spaltung der Felsenmasse entstanden, ähnlich wie die von Pfäffers. Das weißliche Gletscherwasser des Trient hat weitere Umänderung, Abrasion und Erosionen bewirkt. Vor dem Ausgang nach dem Rhonethal findet sich die Cascade de Pissevache, 61 m hoch.

Die Taminaschlucht bei Pfäffers, in welcher die Quelle für Bad Pfäffers (37° C.) mächtig zu Tage tritt, ist nur 10 bis 15 m breit und zeigt ebenfalls die wildesten Scenerien; auch sie ist durch eine Holzbrücke zugänglich gemacht. Diese Bildungen sind in den Alpen überaus häufig und bilden mit die anziehendsten Punkte für Touristen. Die Wildwässer in den engen Schluchten, zwischen den engen Felswänden dahinstürzend, bieten ein Bild des Finstern und Großartigen, das durch die die Schluchten entlang führenden Stege, die sich unmittelbar über dem tosenden Wasser befinden, in unmittelbarster Nähe zu betrachten ist.

Bei einer etwas größeren Breite führen sie den Namen Schlucht, wie sie die an einer Seitenwand des Rheinthals entlang führende Via mala zeigt, während die Schlucht der Aare in der Tiefe selbst zugänglich gemacht ist. Letztere Schlucht ist 1,25 km lang und von oben vom Kirchet aus zugänglich gemacht; sie stellt sich als ein 160 bis 180 m tiefer Spalt einer alten Moräne in dem Kirchet dar, die Felswände treten oft ganz nah zusammen und die verschiedensten Erosionswirkungen lassen sich oberhalb der dahin brausenden Aare studieren.

Auch in den deutschen und österreichischen Alpen finden sich solche Klamm und Tobel genannte enge Erosionsschluchten (z. B. am Eingang des Thales von Gastein), bei denen Risse oder Spalten den ursprünglichen Wasserlauf aufnahmen, in großer Menge und großartiger Ausbildung.

Die Partnachklamm bei Garmisch-Partenkirchen ist ein ausgezeichnetes Beispiel, eine enge Felsschlucht, aus der die Partnach herausströmt. Höllenthalklamm und Leutaschklamm sind zwei weitere hervorragende Beispiele jener Alpengegenden; letztere Klamm bei Mittenwald ist leicht zugänglich, sie liegt unmittelbar hinter Mittenwald an der Straße Mittenwald-Scharnitz-Innsbruck.

Diesen engen Felsschluchten, die zum Teil durch andere Einflüsse vorgearbeitet waren, reihen sich die reinen Erosionsthäler (Gründe, Klamm) an; auch in den mitteldeutschen Gebirgen finden sich Erosionen im Granit, so am Grunde des Bodethals in den engen Wegen. Ja in unserem Diluvialboden zeigen sich Schluchten- und Thalbildungen, die in entsprechender Weise entstanden sind (Schlucht, Kehle, z. B. Silberkehle in der Sächsischen Schweiz), hat doch gerade der schluchtenartige Charakter einiger Gebirge, der der Gegend etwas Romantisches verleiht, namentlich wenn Reichtum an fließenden oder stehenden Gewässern vorhanden ist, den Vergleichspunkt mit der Schweiz abgegeben (Märkische, Sächsische, Fränkische, Mecklenburgische, Holsteinische Schweiz).

So gewähren die Flußläufe ein Bild der auf den geologischen Charakter des Flußbettes wirkenden Kraft des Wassers.

Ein ausgezeichnetes Beispiel für diese Wirkungen der Flüsse, wie sie nach und nach Plateaus zu durchfurchen vermögen, bietet in Deutschland die Sächsische Schweiz. Die herrlichen Gründe mit ihren steilen Wänden und den bizarren Felsgestalten, das Elbthal mit den jetzt durch Menschenhand an vielen Stellen veränderten Uferrändern und Wandungen zeigen die erodierenden Wirkungen der Bäche und Wasserläufe in hervorragender Weise. Befindet man sich auf dem Plateau, so blickt man über eine weite Fläche, aus der an einzelnen Stellen Bergkuppen hervorragen, die aus Basalt bestehen (Winterberge), die einzelnen Thäler und Gründe sind in ihrem Verlauf nicht sichtbar und treten nur andeutungsweise hervor. Nach der Bildung des Plateaus haben die erodierenden Wasser ihre Thätigkeit begonnen und setzen sie noch weiter fort. Der meist nicht sehr feste Sandstein wurde an den Stellen geringsten Widerstandes zerstört und zerfiel zu Sand, die festeren Felspartieen blieben stehen und bilden nun jene malerischen Felsgruppen wie am Prebischthor, an der Bastei, sowie die steil abfallenden Thalwände, an deren Fuß die sanfter geneigten Sandsteinmassen den Unterboden für prächtigen Waldbestand geben.

Zu Seite 483.



Fig. 255. **Aussicht von der „Kleinen Gans (Brücke)“.**
(Nach einer Aufnahme von Prof. H. Krone in Dresden.)

Das Elbthal selbst wird leider mehr und mehr durch die Eingriffe industrieller Arbeit seiner Schönheit entkleidet, zeigt aber selbst dem Laien erkennbar die Entstehung durch Erosion deutlich an. Abbildungen wie die hier beigefügten Fig. 255 und 256 und auch sonst an verschiedenen Orten dieses Werkes (vergl. Orogenie) veranschaulichen diese Bildungen, die ja in großartigstem Maßstabe in den westlichen Plateaus der Vereinigten Staaten entwickelt sind.

Bei Wasserfällen muß nach und nach ein Zurückweichen des Stromes,

Fig. 256.



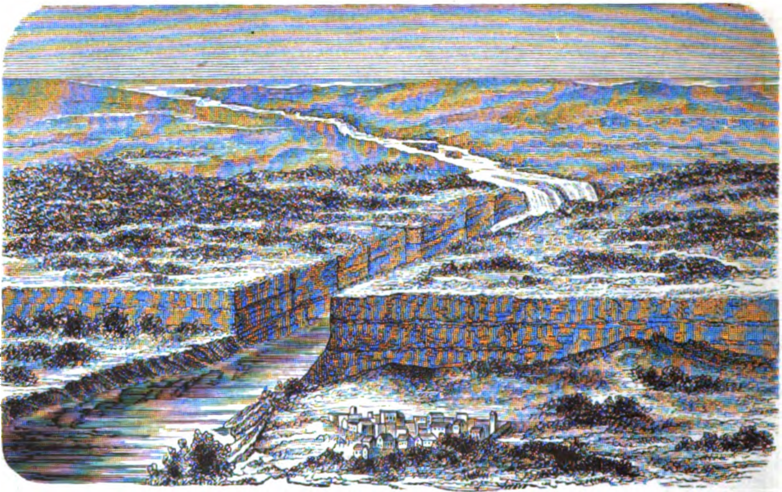
Neurathen.
(Nach einer Aufnahme von Prof. H. Krone in Dresden.)

zum Teil auch eine Umwandlung in Stromschnellen stattfinden; ersteres ist beim Niagara der Fall, der zwischen dem Erie- und Ontariosee ein Stromthal (70 bis 80 m tief und ca. $1^1/_2$ Meilen lang) ausgenagt hat (vergl. Fig. 257 a. f. S) und in letzterem weiter und weiter zurückweicht. Die Größe des jährlichen Zurückweichens wird zu 33 cm (von Lyell), auf das Doppelte von Woodward geschätzt. Die unteren Schichten bestehen aus verhältnismäßig weichen Sandsteinen und Schiefern (Niagaraschiefer), die oberen Schichten aus festem,

kompakten Kalkstein. Die aufschlagenden Wassermassen spülen die unteren Schichten fort, der Kalkstein stürzt herab und wird im Laufe der Zeit weiter zertrümmert und fortgeführt, der Wasserfall rückt stromaufwärts und es müßte in späteren Jahrtausenden, wenn der Wasserfall den Eriesee erreicht, eine teilweise Entleerung desselben stattfinden. Die Schichten gehören sämtlich dem Silur an und fallen nach dem Eriesee zu ein, so daß die Schichtenköpfe nach dem Ontariosee, der ungefähr sechs englische Meilen (17 km) entfernt ist, gerichtet sind. Man hat diese Art der Ausnagung eigentliche Erosion genannt, während man die durch die mitgeführten Gerölle und Gesteinsbruchstücke und Sande auf das Bett der Flüsse ausgeübten Abnagungen als Corrasion bezeichnet hat.

Wenn das obere Gestein weicher ist als das darunter liegende, so wird dasselbe nach und nach zertrümmert und fortgespült werden, der Rand, über

Fig. 257.



Flußbett des Niagara.
(Die Stadt im Vordergrunde ist Queenstown; ganz im Hintergrunde der Eriesee.)

den der Fluß oder Bach herabstürzte, wird zerbröckeln, das untere Gestein wird bleiben und nur ganz allmählich zertrümmert werden; die obere Schicht kann im Laufe der Jahrtausende ganz verschwinden. So können sich Wasserfälle in Stromschnellen umwandeln, was auch geschehen kann, wenn die ganze Gesteinsmasse aus demselben Gestein besteht. Schließlich wird ein schnell dahin schießender Strom entstehen.

In diesen und ähnlichen Verhältnissen sind die Wasserfälle und Stromschnellen begründet; die Katarakte des Nils, die Stromschnellen des Rheins bei Schaffhausen und Laufenburg, die der Reuß im oberen Laufe und viele andere dürften so ihre Erklärung finden. Im Abschnitt Gebirgs- und Thalbildung, Orogenie, werden diese Verhältnisse in Beziehung zur Oberflächengestaltung der Erde nochmals Berücksichtigung finden müssen.

γ) Cañons[1]).

Am großartigsten sind diese Bildungen in Nordamerika (Cañons in den Felsengebirgen), wo sich 1000 bis 1800 m tiefe, enge Schluchten (Cañon), auf deren Boden die Ströme fließen, vorfinden. Der Colorado selbst fließt 60 geogr. Meilen lang durch einen Cañon, der in Sedimentgesteine und in den darunter liegenden Granit stellenweis 2000 bis 3000 m tief eingeschnitten ist. Vergl. die an späterer Stelle (im Anhang „Orogenie") beigefügte Abbildung.

Daß die Erosion verhältnismäßig schnell vor sich gehen kann, beweist der Fluß Simeto am Ätna. Derselbe wurde 1603 durch einen Lavastrom abgesperrt und fließt jetzt durch diesen hindurch in einer 20 bis 30 m tiefen und 12 bis 18 m breiten Schlucht (weitere Beispiele derart sind das Erosionsthal der Loire, des Sankt Lorenz zwischen Erie- und Ontariosee, vergl. oben). Auch hier werden die Stromläufe nach dem Gesetz des geringsten Widerstandes bestimmt.

Als fernere Beispiele besonders schneller Erosion bieten sich noch die Ausnagungen in Georgia (Vereinigte Staaten), über welche Lyell berichtet, dar, wo Stromläufe von 1 m Tiefe nach der Abholzung in 20 Jahren zu Schluchten von 17 m Tiefe und 274 m Länge und 6 bis 55 m Breite wurden; aus Südrußland sind Fälle bekannt, wo Karrengleise zu Schluchten von 30 bis 50 m Tiefe und von mehreren Kilometern Länge erodiert sind.

In neuester Zeit hat der Schutt, der nach dem Ausbruch des Bandai San, 15. Juli 1888, bis zu einer Dicke von 20 bis 30 m die Umgegend des Berges bedeckte, gezeigt, in wie kurzer Zeit sich Erosionsrinnen bilden können. Derselbe ist überall von solchen Erosionsthälern, die in der Entstehung begriffen sind, durchzogen, und die Tiefe derselben ist bereits bis 10 m vorgeschritten.

δ) Sandbänke, Flußinseln.

Bei der so verschiedenen Strömungsgeschwindigkeit im Flußlauf selbst ist es natürlich, daß die sich absetzenden Stoffe an einzelnen Stellen so anwachsen können, daß Sandbänke und Flußinseln entstehen; wir finden sie daher besonders oft bei nicht zu starker Strömung, wenn diese in eine langsamere übergeht.

Bei niedrigem Wasserstande treten dann die Sandbänke als Inseln hervor, wie man beinah an jedem Fluß beobachten kann (Rhein, mittlere Donau, Elbe), ebenso bilden sich dann an den Ufern kleine Tümpel und Seen, in denen sich, wenn der niedrige Wasserstand länger dauert, ein üppiger Pflanzenwuchs entwickelt. In den Flüssen, welche Waldgebiete durchströmen und bei denen die natürliche Flößung der Stämme stattfindet, wie früher bei den amerikanischen Strömen, giebt oft das Treibholz Veranlassung zur Entstehung von Inseln. Die Hölzer setzen sich auf den Untiefen an; Schlamm und Sand

[1]) Die für diese Art von Erosionsthälern typisch gewordene Bezeichnung stammt aus dem Spanischen.

setzen sich innerhalb des Geästes, durch dessen Widerstand lokal die Strömung verlangsamt wird, nieder, und so wird die Insel bald soweit wachsen können, daß sie Pflanzenwuchs gestattet, und nach und nach verfestigt sie sich so, daß sie auch dem Hochwasser widersteht.

Das Hochwasser andererseits kann dazu beitragen, die Flußufer vollständig umzuändern, fruchtbare Gegenden mit unfruchtbarem Kies und Sand zu bedecken und Versumpfung der Niederung herbeizuführen. Die Regulierung der Flußläufe (Netze-Warthe-Distrikt, Spreegebiet) läuft nicht sowohl darauf hinaus, die Überschwemmungen zu verhindern (Weichsel-, Rheingebiet), als die Versumpfung der flachen Ufer zu hemmen, so daß dadurch große Flächen dem Anbau gewonnen werden können. Einige Angaben hierüber finden sich in dem späteren Abschnitt „Anthropogene Bildungen".

Wenn der höhere Wasserstand längere Zeit anhält, so kann man beim Sinken den früheren Wasserstand an den Uferrändern deutlich verfolgen (nach den organischen Resten, der Verwitterungslinie an dem Niveaurande, am Steilufer oder als hervorragende Linie u. s. w.) und zwar markiert sich diese Linie, wenn auch die Einwirkung nur kurze Zeit dauert, für einige Zeit; sie ist freilich dann meist wieder dem Verschwinden ausgesetzt. Beobachtungen dieser Art lassen sich fast an jedem Wasserlauf der eigenen Heimat machen. In langen Zeiten hat sich so der Wasserstand durch bedeutendere Umänderungen (Ausspülungen, Abspülungen) markiert, und die Flußterrassen in verschiedenen Ländern (auch an Landseen finden sich solche Terrassen) sind wohl in dieser Weise entstanden.

ε) Flußmündungen (Delta-, Haffbildungen).

Von besonderer Wichtigkeit ist die geologische Beschaffenheit der Flußmündungen, weil von diesen der Stromverkehr, die Vermittlung des Binnenverkehrs mit dem Seeverkehr abhängt. Man kann die Flußmündungen in freie, offene Mündungen, Barrenmündungen, Deltamündungen und Haffmündungen einteilen. Die ersteren sind manchmal meerbusenartig (Ästuarien[1]), die kleinen Ströme, die dort münden, vermögen nicht so viel Sinkmaterial zu liefern, daß dadurch die Mündung, die eine Verlängerung des Meerbusens bildet, durch Sandbänke und Barren stark beengt wird. Hieran ist England und Schottland besonders reich, der Forth bei Edinburg, der Clyde bei Glasgow, der Mersey bei Liverpool, der Humber bei Hull zeigen solche Mündungen und auch die Severnmündung bei Bristol und die Themse bei London schließen sich hier an; auch Ob und Jenisei, Tajo und Lorenzstrom bieten Beispiele dafür. Bei allen diesen Bildungen ist das Meer schon direkt mit beteiligt, und die Haffbildungen, die sich hier vorfinden, hängen unmittelbar mit den Uferwällen und den Küstenbildungen zusammen, auch die Hebungen und Senkungen der Küste haben dabei einen bedeutenden Einfluß (vergl. oben S. 433).

An den Flußmündungen wird der größte Teil des festen Materials der

[1]) Von aestuarium, Bucht.

Flüsse abgesetzt; wie weit es hinausgeschleppt wird, hängt von der Strömung des Flusses und der Wirkung des Meeres ab; Ebbe- und Flutbewegung, die außerordentlich weit in einigen Strömen hinaufsteigen, spielen dabei auch eine große Rolle.

Die Deltamündungen[1]) sind außerordentlich häufig (Europa zählt deren 54, Asien 56, Amerika 17, Afrika 12, Australien 4). Die normale Gestalt ist ▽ und hat, — zuerst beim Nil, bei dem die Form am regelmäßigsten sich zeigt — wegen ihrer Ähnlichkeit mit dem griechischen Buchstaben Δ den Namen für die ganze Bildung gegeben; ausgeprägte Deltas dieser Art sind: Nildelta, Podelta, Delta von Ebro, Rhone, Ganges, Indus, Orinoko, und den chinesischen Flüssen; besondere Verhältnisse bieten das Mississippi- und Rheindelta, die auch in der Gestalt bedeutend abweichen. Diese Mündungen entstehen an flachen, wenig abschüssigen Küsten, in Meeren ohne sehr starke Ebbe und Flut (also auch in geschützten Buchten), bei Flüssen mit großen Quantitäten festen Materials. Die Entstehung wird begünstigt durch Uferwälle, die dadurch hervorgebracht werden, daß durch die Wellenbewegung des Meeres und das Zurückweichen der Wellen Sand und Geröll aufgetürmt werden; öfters wird durch angespülte Massen und abgesetzten kohlensauren Kalk eine vollständige Verkittung dieser Massen hervorgebracht, so daß ein festes Gestein entsteht. Es bilden sich dann hinter dem Walle flache Wasserbecken, der Strom verzweigt sich, und vom oberen Laufe des Flusses aus fortschreitend, findet die Ausfüllung statt, es bilden sich zunächst Lagunen, die im Laufe der Zeit ausgefüllt werden (Nildelta). In manchen Fällen wird der Uferwall bedeutend überschritten und verschwindet ganz (Ganges, Brahmaputra) und die Absetzungen wachsen so bedeutend, daß Städte, die früher Seestädte waren, weit ab vom Meere liegen (so Spina, Adria an der norditalienischen Küste des Adriatischen Meeres). In Meeren mit fast unmerklicher Ebbe und Flut (bis 0,637 m wie in der Ostsee und dem Schwarzen Meer) und bei Strömen mit verhältnismäßig starker Strömung bilden sich zunächst lange Landzungen (Nehrungen), die an einer Stelle durchbrochen sind; hinter ihnen sammelt sich süßes Wasser untermischt mit Seewasser, Brackwasser, an (Haffe), während der Fluß selbst dann ein Delta bilden kann. An der ganzen preußischen Ostseeküste von Memel bis Mecklenburg finden sich diese Bildungen, die im Kurischen und Frischen Haff (vergl. Fig. 258 a. f. S.) besonders großartig entwickelt sind, aber sich auch in Hinterpommern in ausgeprägter Gestalt finden. Gute Karten lassen hier und an anderen Orten das Vorhandensein dieser Bildungen deutlich erkennen, so an den Küsten von Texas und an den Küsten des Schwarzen und Asowschen Meeres, — hier heißen die Meeresteile Limane, die Landzungen Kossy; das Seichterwerden des Asowschen Meeres begünstigt diese Bildungen ganz besonders.

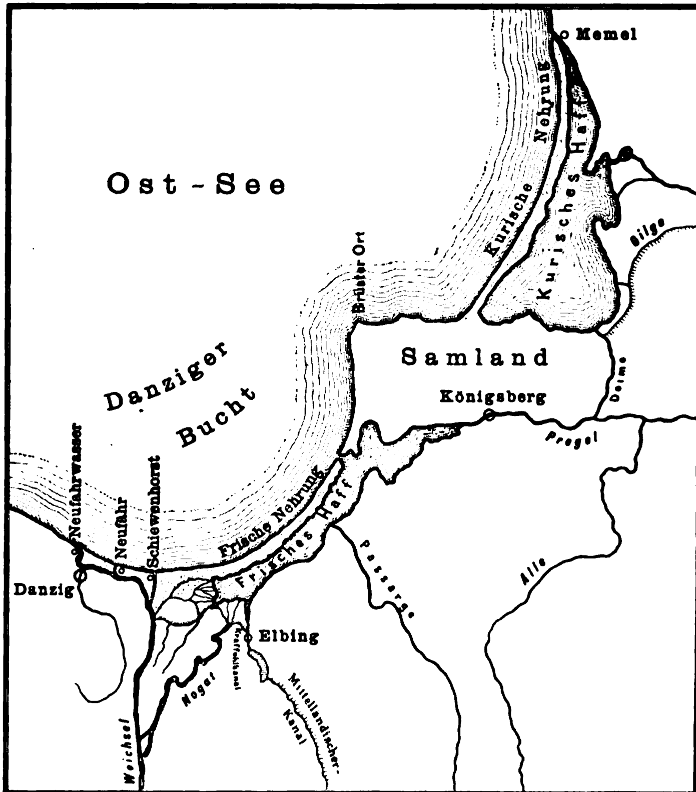
Der Landzuwachs, den manche Länder durch die Änderungen der Flußmündungen erfahren, ist ein ziemlich bedeutender; so hat man, wie schon

---

[1]) Besonders ausführlich von Credner besprochen in „Die Deltas, ihre Morphologie, geographische Verbreitung und Entstehungsbedingungen“ (Ergänzungsheft Nr. 56 zu „Petermanns Mitteilungen“).

hervorgehoben, beim Po aus Vergleichung genauer Karten dieses Jahrhunderts ermittelt, daß sich das Podelta 1823 bis 1893 um 762 qkm vergrößert hat, auf das ganze Areal Italiens bezogen um $^{1}/_{600}$ des Flächenraumes von 1823. Diese starken Bildungen zeigen, wie durch die Flüsse ganze Meerbusen ausgefüllt werden können, sich das Fahrwasser in den Flußmündungen ändern muß, Flußinseln zu entstehen vermögen und die fluvialen Ablagerungen früherer Perioden sich gebildet haben. Oft schieben sich die Deltas weiter und weiter

Fig. 258.

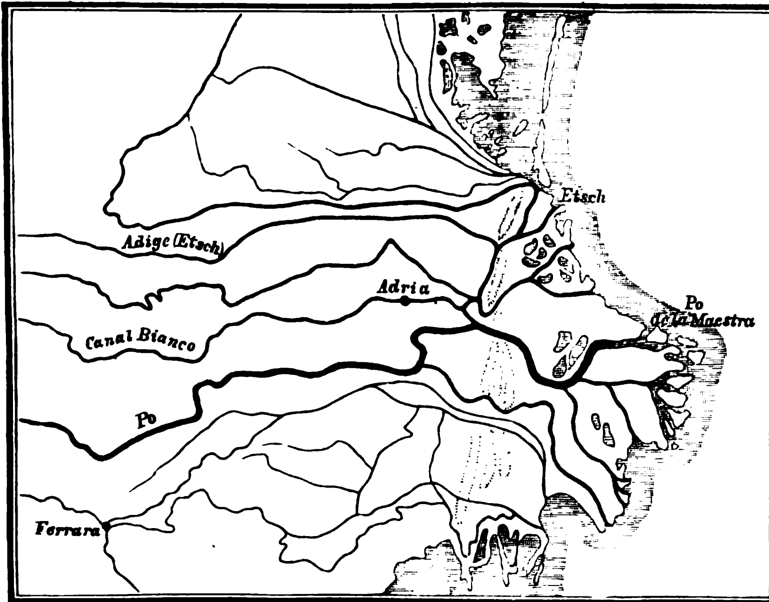


Die ostpreußische Küste.

hinaus, wie beim Mississippidelta, oft schaffen sich Flüsse Barren, und so sehen wir hier, wie gewaltige Umänderungen durch die Flüsse hervorgebracht werden; in der kurzen Spanne der Geschichte seit der Römerzeit ist die ganze norditalienische Küste am Adriatischen Meere verändert von Ancona bis fast nach Triest hin; schon kleine Karten, die das alte und jetzige Italien darstellen, zeigen den Unterschied. Der alte Uferwall (Lido) des Po ist noch bei Adria sichtbar, hinter demselben entstehen Seen, an einem von ihnen lag Ravenna, das jetzt 7 km, während Adria 25 km vom Meere entfernt ist; seit dem

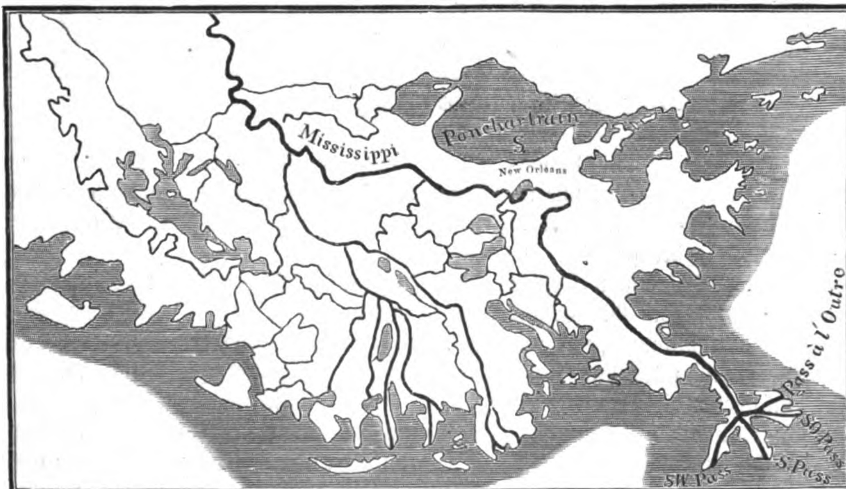
12. Jahrhundert verlängert sich das Delta, dessen Verhältnisse Fig. 259 veranschaulicht, jährlich um 33 m. Andere Deltamündungen zeigen ein solches Wachstum in der Länge nicht.

Fig. 259.



Mündungsgebiet des Po.

Fig. 260.

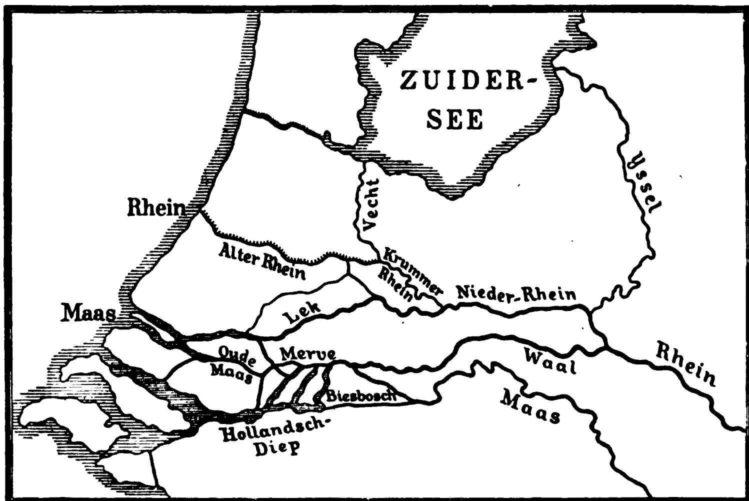


Das Mississippidelta.

Hier wie bei diesem ganzen Abschnitt zeigt sich die innige Beziehung zwischen Geologie und Geographie. Die Hydrographie gehört eigentlich mit der Hydrologie zusammen; die äußere Beschreibung der Flüsse, Seen, Meere giebt uns ein unvollständiges Bild, erst durch Darlegung der Wirkungen des Wassers in geologischer Beziehung erhält es Vervollständigung und Leben.

Als Beispiel eines sich sehr schnell ausdehnenden Deltas sei das Mississippidelta, Fig. 260 (a. v. S.), genannt. Es ist über 330 km lang und fast ebenso breit; den größten Teil des Jahres ist es überschwemmt. Die Nebenarme führen den Namen Bayous, sie haben ebenso wie die Lagunenseen eine weit geringere Tiefe als der Hauptkanal. Die schiffbaren Mündungen heißen „Passes". Die Menge des fortgeführten Schlammes im Verhältnis zur Wassermenge wird auf 1:528 bis 1:3000 geschätzt, die Hauptrinne ist 30 bis

Fig. 261.



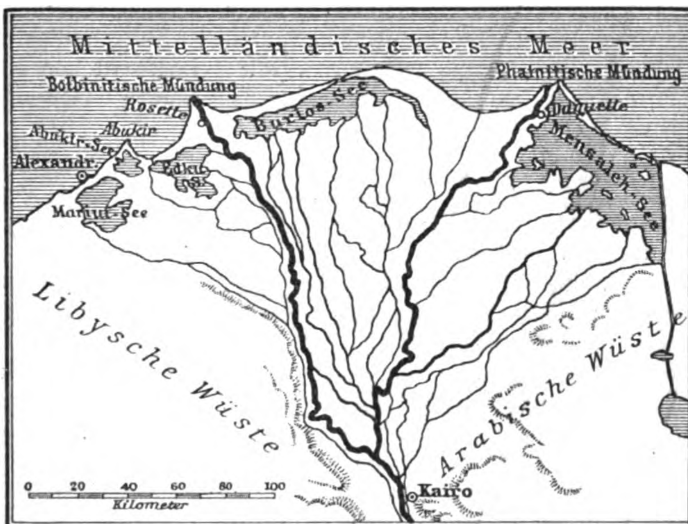
Mündungsgebiet des Rheins.

50 m tief; an den Mündungen erkennt man deutlich, wie die Vorschiebung des Deltas vor sich geht, wie überhaupt die Entstehung durch Einwirkung des Meeres und Flusses sich bei diesem Delta verfolgen läßt. Das Alter wird auf 126000 Jahre geschätzt.

Die kompliziertesten Deltaverhältnisse zeigt der Rhein, Fig. 261 mit dem Mündungsgebiet der Maas, die regelmäßigsten der Nil, Fig. 262 (a. f. S.). Die letztere Abbildung zeigt nur die Hauptströmungsarme des Nildeltas, das wenige Meilen unterhalb Kairo seinen Anfang nimmt. Der östliche Hauptarm mündet bei Damiette (die sogenannte phatnitische Mündung), der westliche Hauptarm bei Rosette (Bolbinitische Mündung). An der Spitze des sich anschließenden Meerbusens liegt Abukir und weiter westlich Alexandria. Im Osten findet sich der Mensalehsee, zwischen den beiden Hauptarmen der Burlossee. Man erkennt deutlich, daß da, wo die vom Meere

herkommende Flutung und die Strömung des Flusses zusammentreffen, sich Strandwälle und hinter ihnen flache Seen, Lagunen, gebildet haben, die eine nicht unbedeutende Größe besitzen. Einer der größten, der Burlos(Burlus)see, hat einen Flächeninhalt von 112 000 Hektar und der größte, der Mensaleh(Menzale)see einen solchen von 184 000 Hektar; der letztere wird jetzt zum Teil trocken gelegt. Das ganze Delta nimmt einen Flächenraum von 22 194 qkm (400 Quadratmeilen) ein; nach dem Meere hin ist es durch einen vielfach unterbrochenen Damm, der bei den höchsten Nilüberschwemmungen sieben Mündungen zeigt, den Uferwall, geschützt. Die Tiefe selbst der Hauptarme ist gering, der von Rosette 1,6 m (bei 600 m Breite), Damiette 2,5 m (bei 300 m Breite), so daß der Nil als schiffbarer Strom in seinem unteren Laufe nicht gelten kann.

Fig. 262.



Jetziger Lauf des Nils innerhalb des Deltas.

Das Delta besteht bis 16 m Tiefe aus Nilschlamm, der sich in horizontalen Schichten abgesetzt hat und auch das Nilthal anfüllt; derselbe ist zur Hälfte aus Kieselsäure zusammengesetzt und enthält neben anderen Bestandteilen 3 Proz. organische Materie. An einzelnen Stellen, namentlich in der Nähe des Flusses, finden sich auch Sandschichten, überall aber Überreste von Haustieren (Kamelen, Hunden, Eseln u. s. w.), vielfach auch von industriellen Produkten (Töpfen, Ziegeln u. s. w.). Bohrungen sind bis 20 m tief ausgeführt und man hat das Alter des Deltas, soweit in den Schichten sich Überreste menschlicher Thätigkeit befinden, bei Memphis auf 12 000 Jahre berechnet, eine sehr unsichere Schätzung, da der Schlamm sich nicht in jedem Jahre gleich stark und an den einzelnen Orten in demselben Jahre sich nicht in gleicher Menge absetzt. Nach der Mündung hin ist die Absetzung geringer;

bei Kairo, wo das Wasser 7 bis 8 m, während es an der Mündung nur circa 1 m steigt, nimmt man als Zuwachs im Jahrhundert eine Schicht von 126 mm Dicke, auf dem eigentlichen Delta einen solchen von 61 mm an.

Der Zuwachs, welchen das Land durch die Deltabildungen in den Gegenden erfährt, wo ein starkes Anwachsen in historischer Zeit stattgefunden hat, ist von zweifelhaftem Wert. Sumpfige, ungesunde Gegenden, die kulturfähigen Boden nur mit den größten Opfern liefern, charakterisieren die Deltamündungen des Mississippi, Po, Ganges; in nördlichen Gegenden treten tundraartige Moräste an Stelle der mit üppiger charakteristischer Vegetation bedeckten Ufersümpfe des tropischen Deltas.

Übersicht über die Hauptdeltabildungen und Flußmündungen.

Bei der nachfolgenden Aufzählung sind einmal die Hauptdeltabildungen der ganzen Erde, dann aber die Flußmündungen einzelner Länder nach der oben angeführten Gruppierung zusammengestellt; bei ersteren kam vor allem in Betracht, ob die Deltas sich zu größeren angeschwemmten Landgebieten umgestaltet haben.

In Europa finden wir hervorragende Deltabildungen beim Ebro, Rhone (im Genfer See und an der Mündung), Rhein (Bodensee und Mündung), Po und vielen kleinen italienischen Flüssen. Auch die Flüsse, die in die alpinen Seen gehen (Adda in den Comersee; Tessin in den Lago maggiore) zeigen Deltabildungen, ähnlich wie die vom Nordabhange der Alpen herkommenden Ströme in ihren Klärungsbecken; ebenso haben die griechischen Flüsse vielfach ausgezeichnete Deltamündungen (Delta des Aspropotamos, Golf von Patras) und die Deltamündungen in Kleinasien (Kysyl Irmak, Jeschil Irmak; Gediz-Tschai bei Smyrna sind besonders charakteristisch). Fast sämtliche Ströme des Schwarzen Meeres haben Delta- und Limanmündungen (Donau, Dniepr, Don). An der Ostsee sind Weichsel-, Memel- und Newamündung aufzuzählen. Die meisten größeren Ströme, welche in Europa und Asien in das Eismeer gehen, besitzen Deltamündungen: Dwina und Petschora, Lena, Jana, Indigirka und Kolima; ausgezeichnet sind ferner die Deltamündungen des Hoangho, Jangtsekiang, die einen zusammenzurechnenden großen Landstrich von der Peihomündung bis zur Jangtschoubai ausmachen, die Mündungen des Sikiang, Mekong, Irawaddy, Brahmaputra, Ganges und der in den Bengalischen Meerbusen mündenden Godaverry Kisinz, Kavery-Coleroon; von alters her bekannt sind die Deltamündungen des Indus und des Schat el Arab (Euphrat und Tigris).

Die Mündungen der Flüsse, welche sich in die Binnengewässer Asiens ergießen, zeigen durchweg Anschwemmungsgebiete, welche aus den Deltabildungen hervorgegangen sind, so am Kaspischen Meer: Emba, Ural, Wolga, Terek, Kur, Sefid Rud, Atrek, nördlich davon an der Balkanbai zeigt sich noch das alte Oxusdelta.

Ausgezeichnete Deltas haben ferner Amu Darja und Syr Darja am Aralsee, und der Ili und Karatal zeigen sich vorschiebende Deltas im Balchasch-

see; die Selenga hat bei der Mündung in den Baikalsee ebenfalls ein ausgeprägtes Delta.

In Afrika sind zunächst das Nil- und das ausgedehnte Delta des Niger und des Senegal hervorzuheben; auch Ogowe und Kongo, Zambesi, Rowuna und L(R)ufidji in Ostafrika haben Deltamündungen. In Australien besitzen der Grey River in Nordwestaustralien und Burdekin in Nordostaustralien solche Mündungen, die auch den kleinen Flüssen des Hinterindischen Archipels und den Fidjiinseln eigentümlich sind; hat doch die Rewa auf Viti-Levu (Fidjiinsel) ein ausgezeichnetes Delta.

In Nordamerika weisen Yukon, Mackenzie und Frazer vorzügliche Bildungen dieser Art auf, die dann besonders noch am Golf von Mexiko auftreten: Trinity River und die Küstenflüsse bis zum Mississippi zeigen wie dieser gewaltige Strom selbst und Küstenflüsse im Osten bis zum Apalachicola ausgezeichnete Gebilde dieser Art. Es ähnelt diese Küste hierin der Nordküste am Schwarzen Meere. Auch die Flüsse, welche in das Karibische Meer gehen, wie der Atrato- und Magdalenenstrom, haben ein ausgezeichnetes Delta, ebenso auch der Orinoko. — Bei vielen kleinen Flußläufen des Binnenlandes bemerken wir ähnliche Bildungen; Bäche mit ausgebreitetem, schwach geneigtem Anschwemmungsabhang, den sie in einzelnen Wasseradern durchfurchen, bieten überall Gelegenheit, die Bildung der Deltas zu studieren, und das Studium von Specialkarten setzt uns in den Stand, überall diese Neubildungen zu verfolgen.[1])

In Spanien zeigt der Duero eine Barrenmündung, ähnlich dem Mondego, beim Tajo ist die Durchbruchmündung nach Aufstauung zu einem vortrefflichen Hafen geworden. Die Mündungen des Guadiana und Guadalquivir sind ähnliche Barrenmündungen, die zur Schiffahrt wohl dienen würden, wenn die Wassermenge der Ströme nicht gering und wechselnd wäre. Die Mündungen der Ströme an der Mittelmeerseite zeigen an den flachen Küsten Deltaansätze (Guadalaviar, Ebro, Ter).

Ein hervorragendes Beispiel bieten unsere deutschen Nord- und Ostseeküsten, Weser und Elbe Ästuarien mit Hemmungsmündungen, die pommerschen Küstenflüsse mit Strandwällen und Strandseen, Weichsel und Niemen mit ausgezeichneten Deltabildungen und Haffen und Nehrungen. Wenn man so auch auf den gewöhnlichen Karten die entsprechenden geologischen Bildungen vergleicht, erkennt man sofort, daß für dieselben ähnliche Bedingungen in den einzelnen Gegenden vorhanden sind und gewesen sein müssen.

Ebenso lassen sich auch nach den in diesem Abschnitt gegebenen Darlegungen andere bei Flußläufen auftretende Eigentümlichkeiten, wie Wasserfälle (so die Porogen am Dniepr), Stromverzweigungen und Krümmungen erklären, — das Jetzt aus der Vergangenheit. Schlüsse auf die Zukunft ergeben sich dabei von selbst.

Es sollen nun für die Flußmündungen der Ströme einige Beispiele in folgender Gruppierung gegeben werden:

[1]) Die Gruppierung der Flußmündungen nach oben gegebener Einteilung läßt sich leicht nach jeder größeren Karte verfolgen; die großen Atlanten von **Andree**, **Stieler**, **Kiepert** reichen dazu aus.

I. Delta, Haff; Liman-, Peressipsmündungen.
II. Barrenmündungen.
III. Ästuarien mit freien Mündungen.
IV. Ästuarien mit Hemmungsmündungen.

Die Deltamündungen sind auf der ganzen Erde in allen Meeren verbreitet, die Haffe und Nehrungen und die verwandten Liman- und Peressipsbildungen treten wie gesagt besonders hervor, ebenso verhält es sich auch mit den übrigen Flußmündungen. Daß diese Bildungen dem Seeverkehr förderlich bezw. hinderlich sind, fällt jedem sofort auf, der die vorzüglichsten Hafenplätze mit der Beschaffenheit der Flußmündungen vergleicht. Sollen diese dem Verkehr in hervorragendem Maße dienen, so müssen sie das ganze Jahr frei zugänglich, also auch eisfrei sein, und um so mehr, je kleiner die Ströme, deren Mündungen als Hafenplätze benutzt werden, sind. England hat ausgezeichnete freie Ästuarien, die selten durch Eis verstopft werden, an der Themse (London), Severn (Bristol), Humber (Hull), Mersey (Liverpool), Clyde (Glasgow) u. a., wo Flußmündung und Meerbusen ineinander übergehen und die unbedeutende Menge von Sinkstoffen bei der Ebbung leicht fortgenommen wird. Unsere deutsche Nordseeküste zeigt in Weser und Elbe Ästuarien mit Hemmungsmündung, und eine Barrenmündung, eine Mündung mit Uferwall unter dem Niveau in einiger Entfernung von der Flußmündung zeigen die südfranzösischen Ströme Adour, Gironde, während Loire und Seine Zwischenstufen zwischen Gruppe II und III darstellen.

Daß die eigentlichen Deltamündungen nicht immer Hemmnisse für Schiffahrt und Handel bilden, sehen wir bei den Strömen mit gewaltigen Wassermassen, wie dem Mississippi, durch dessen Pässe an den vorgeschobensten, fingerförmig verzweigten Deltaarmen die Schiffahrt nach New Orleans führt, das wohl noch lange den Haupthafenort für die südlichen Vereinigten Staaten bilden wird, während Kairo niemals zu einer Hafenstadt sich ausgestalten läßt.

So sehen wir auch hier, wie abhängig die kulturellen Verhältnisse von den geologischen Umbildungen der Oberfläche sind.

Sieht man von den Verhältnissen der Binnenseen in Beziehung auf Hebung und Senkung ab (das Kaspische Meer, der Aral-, Balchasch-, Baikalsee liegen in Hebungs-, die innerafrikanischen Seen, Tanganyika-, Tsadsee, in Senkungsgebieten), so gruppieren sich die Küstengebiete (die Inseln des Großen Oceans zeigen zum Teil Hebungs-, zum Teil Senkungserscheinungen) folgendermaßen: Spitzbergen, ganz Skandinavien, Finnland und finnischer Meerbusen würden ebenso wie Schottland den Hebungsgebieten zuzuzählen sein, während die Küsten Frankreichs und Deutschlands an der Nordsee, sowie das südliche Ostseebecken zu den Gebieten mit Senkungserscheinungen gehören. Am Mittelmeerbecken wechseln die Gebiete mit Hebungs- und Senkungserscheinungen. In Afrika sind am Becken des Arabischen Meerbusens, in Deutsch-Ostafrika und Madagaskar Hebungsgebiete vorhanden, ebenso an den Küsten Ost- und Westindiens, auf den Sundainseln und Neu-Guinea und der ganzen Küste Ostasiens mit Japan und Kamtschatka, abgesehen von der Küstenstrecke südlich von der Jangtsekiangmündung bis zum Wendekreis des Krebses, wo Senkungsanzeichen beobachtet sind. — Auf der westlichen Halbkugel zeigen Nordgrön-

land und die Küsten am Smithsund Hebungs-, Südgrönland Senkungserscheinungen. Neufundland und die benachbarten Gegenden von Labrador und den kanadischen Staaten, sowie die Küsten des Mexikanischen Golfes und die Antillen werden den Hebungsgebieten, die Küsten der Vereinigten Staaten (Karolina u. s. w.) bis Florida hin den Senkungsgebieten zugerechnet. In Südamerika sind an der Mündung des Amazonas Senkungserscheinungen beobachtet, ebenso an der Ostküste von Südpatagonien und in Brasilien südlich der Mündung des Rio San Francisco. An der Westküste von Südamerika, sowie an der La Plata-Mündung und an der südbrasilianischen Küste sind Hebungsgebiete nachweisbar. Australien ist, soweit Beobachtungen vorliegen, den Hebungsgebieten zuzuzählen.

Hier wie bei den folgenden Abschnitten konnten nur die Hauptwirkungen der strömenden Gewässer berührt werden, eine eingehendere Gesamtdarstellung aller Verhältnisse mit dem erforderlichen Einzelmaterial gehört in das Gebiet der allgemeinen und speciellen physikalischen Geographie; hier wie überall tritt namentlich der Zusammenhang der einzelnen Naturwissenschaften deutlich hervor, die Gesetze der Hydrodynamik, die Erfahrungen der Meteorologie (Hydrometeorologie und die Verteilung der Niederschläge), die Kenntnis der Formationen, welche der Fluß durchströmt, die Gesetze der mechanischen Zertrümmerung und des mechanischen Transports, die Verhältnisse der Lösung müssen bei der Erklärung der Naturbildungen durch Flüsse in Betracht kommen, so daß die physikalische Geographie und die Geographie überhaupt so recht den Verknüpfungspunkt für die verschiedensten Naturwissenschaften im Unterrichte bilden kann.

4. **Seen, stehende Gewässer** (Lehre von den Seen, Limnologie).

Die Seen als Resultat geologischer Vorgänge der Vergangenheit und Gegenwart.

Die Ansammlungen von stehendem Wasser in Vertiefungen, hinter Dämmen, in Flußläufen sind außerordentlich verbreitet auf der Erdoberfläche; sie schwanken der Größe nach von kleinen, unscheinbaren Tümpeln bis zu Seen von meerartigem Charakter. Ein Teil der Seen stellt sich auch dar als Überreste ehemaliger Meeresbecken, sei es, daß dieselben Überreste früherer Binnenmeere sind (Kaspisches Meer, Aralsee), sei es, daß sie mit dem Ocean in Zusammenhang standen, sei es, daß Abdämmungen, Bergstürze und Erdrutschungen Wasseransammlungen bewirkten, oder Erdsenkungen unterirdischem Grund- und Quellwasser das Empordringen zur Oberfläche gestatteten. Auch seeartige Erweiterungen der Ströme, wie sie sich an vielen Flußläufen unserer Erde darbieten, die Klärungsbecken der Flüsse, verdienen besondere Erwähnung.

So sind denn die Seen viel weniger dynamische (umändernde) Faktoren auf unserer Erdoberfläche als sprechende Zeugen früherer und jetziger Vorgänge, bei denen Niveaudifferenz zur Ansammlung von Wassermengen führte. Sie haben daher viel weniger eine aktive als vielmehr eine passive Rolle bei der großen Entwickelungsgeschichte unserer Erde gespielt.

In diesen Becken gehen nun allerdings alle die Prozesse vor sich, welche

bei Suspendierung von Substanzen in bewegtem Wasser hervortreten, wenn dasselbe in weniger bewegten oder ruhenden Zustand übertritt. An den Mündungen der eintretenden Flüsse und Bäche werden, wie bei Einströmung der Flüsse in das Meer, unterirdische Deltas, die bis zur Wasseroberfläche anwachsen, gebildet werden (Rhonedelta im Genfer See, Rheindelta beim Bodensee u. s. w.). Auf dem Boden werden sich Schlamm und Sand, untermengt mit organischen Überresten, ansetzen, und werden durch Torfablagerungen (Seetorf) Verkleinerung der Seen, ja vollständige Ausfüllungen stattfinden können, so daß der See sumpf- und moorartigen Charakter annimmt.

Oft haben die Seen mit ihren Inseln als Zufluchts- und Wohnstätten gedient. Der Bau von Hütten auf Pfählen in Seen und Flußläufen kommt noch jetzt in den tropischen Ländern vor, und auch bei uns sind in früherer Zeit der Menschheitentwickelung die Seen in ähnlicher Weise benutzt, — die Seen von Mecklenburg, die Seen der nördlichen Schweiz (Pfäffikon-See, oberer Züricher See) weisen zahlreiche Spuren der Pfahlbauten auf.

Ein Blick auf die gewöhnlichen Karten zeigt schon die große Verbreitung der Binnen- und Strandseen, die man auch wohl als Seen mit (Bären-, Sklaven-, Winnipegsee u. s. w.) und ohne Abfluß (Tsadsee, Kaspisches Meer, Aralsee, Lob-nor), oder nach der Beschaffenheit des Wassers in Süßwasserseen (bei weitem die Mehrzahl, Seen Finnlands, Schwedens u. s. w.) und Salzwasserseen (Totes Meer, Natronsee in Ägypten, Eltonsee nördlich vom Kaspischen Meer) einteilt.

Aber diese großen Ansammlungen geben nur ein unvollkommenes Bild von der Verbreitung der stehenden Gewässer auf der Erde; denn nicht die Physik und Chemie der Seen, sondern die gesamten Verhältnisse der stehenden Gewässer der Erde überhaupt sind es, die hier in Betracht kommen, vom Kaspischen Meer (8413 Quadratmeilen = 464 244 qkm, dem größten Binnenmeere mit 1,5 Proz. Salzgehalt) und den fünf kanadischen Seen, von denen der Obere See Bayern an Größe übertrifft, der Michigansee die Größe der Gesamtprovinz Preußen, der Huronsee die Größe von Brandenburg und Rheinprovinz, Eriesee die der Provinz Sachsen und der Ontariosee die Größe Württembergs hat, den größten Süßwasseransammlungen der Erde, bis zu den kleinen Tümpeln von wenigen Quadratmetern Oberfläche.

Eine Fülle dieser Erscheinungen enthüllt sich, wenn wir größere Atlanten oder gar Specialkarten in die Hand nehmen. Ganz Norddeutschland ist mit Seen übersät, und leicht wird es jedem werden, aus der nächsten Umgebung seiner Vaterstadt eine Menge solcher Wasseransammlungen zu nennen. Ganz Finnland erscheint als ein Seennetz, dessen Maschen aus Land bestehen, im nördlichen Schweden sind die Flüsse überall von Seen begleitet, wie dies besonders bei der Nord-Elf, Lulea-Elf und den anderen Strömen der Fall ist, die von den nach Osten sich senkenden norwegischen und schwedischen Plateaus herabströmen; aber auch ganz Südschweden ist, abgesehen von den großen Wasseransammlungen des Wener-, Wetter-, Hjelmar-, Mälarsees, mit Seen porenartig übersät, und ähnlich ist es bei Schottland. Und werfen wir nun einen Blick auf die Karte von Nordamerika! In den Vereinigten Staaten und Kanada, — zwischen der Hudsonbai und den Felsengebirgen — füllen Tausende von Seen die Vertiefungen

der Laurentischen Formation aus und stellen, durch Flußläufe verbunden, natürliche Verkehrswege dar, so daß es möglich wäre, von Port Nelson bis zu den Rocky Mountains und vom Red River des Nordens bis zum Eismeer zu gelangen und zwar auf verschiedenen Wasserwegen, die nur dann und wann durch ganz kurze Landstrecken, die, wenn dort der Verkehr anwachsen sollte, leicht zu beseitigen wären, getrennt sind. Nehmen wir genaue Karten, so sehen wir auch die meisten Gebirge Deutschlands mit Seen durchsetzt; die Vogesen und der Schwarzwald, Harz und Eifel zeigen eine große Anzahl kleiner Seen, und die Alpen bieten, abgesehen von den großen Gebirgsseen, die sie zu beiden Seiten begleiten, eine Unzahl von kleinen Seen, die zum Teil die beliebtesten Zielpunkte der Touristen sind; auch in den Karpathen (Hohe Tatra) haben die kleinen Gebirgsseen (dort oft Meeraugen genannt) eine große Verbreitung und erhöhen das Romantische der eigentümlichen Berglandschaft. Selbst Länder, die auf den ersten Blick arm an Seen scheinen, haben große eigentümliche Entwickelung der stehenden Gewässer; bei Frankreich mag nur an die Küstenseen und Lagunen der Grandes Landes südlich der Garonne und an das Seengewirr der Dombes zwischen Ain, Rhone, Saone und der Vezery (obere Loire) erinnert werden.

Um einige bestimmte Zahlen zu geben, mag angeführt werden, daß in Rußland die Seen 1,3 Proz. des Areals einnehmen (in Finnland 11 Proz.) in Schweden 8,4 Proz., in den Vereinigten Staaten 0,8 Proz. (in Maine werden 1568 Seen, in Minnesota 10 000 Seen gezählt).

So scheint gewiß eine kurze Betrachtung der stehenden Gewässer, auch wenn sie keine aktive Rolle bei der Erdveränderung spielen, voll gerechtfertigt.

Die größeren Seen zeigen öfters Erscheinungen, die wir auch an Meeresküsten wahrnehmen; wo Stürme die Gewässer der Seen aufwühlen, werden dieselben Verwitterungsprozesse, dieselben Zertrümmerungen wie an der Meeresküste stattfinden, — eine vollständige Küstenbildung tritt ein. Es finden daher bei den größeren Landseen ganz ähnliche Küstenbildungen statt wie bei den Meeren, Flachküsten mit allmählich sich senkendem Boden, Steilküsten mit bizarren Verwitterungen und Vorsprüngen, wie bei den oberen kanadischen Seen. Wesentlich werden diese Verwitterungen und Erosionen durch den Wellenschlag unterstützt. Selbst kleine Seen, wie der Müggelsee bei Berlin, zeigen bei heftigen Winden lebhaften Wellenschlag, der brandungsartiges Anprallen der Wogen gegen das Ufer bewirkt, und auf den großen Binnenwässern steigen die Wellen bis zu Höhen von 2 bis 4 m. Ebbe- und flutartige Erscheinungen sind ebenfalls an einigen Seen, wie den kanadischen Seen, beobachtet. An anderen, wie an den Schweizer Alpenseen, am Vierwaldstädter, Neuenburger, Wallen-See und vor allem am Genfer See, zeigt sich am einen Ende ein Ansteigen, am anderen ein Absinken des Wassers, — Seiches (vergl. weitere Ausführung im Anhang S. 516), Balancierwellen, wie man es erhält, wenn man in einem länglichen Wasserbehälter an einem Ende durch ein aufgelegtes Brett einen Druck ausübt und denselben momentan aufhören läßt. Bei den Seen wird diese langsame Änderung des Niveaus durch Druckänderung der Luft über der Fläche des Sees erklärt. Selbst kleinere Seen zeigen die schon durch geringe Wellenbewegung hervorgebrachte Wellenhebung

am Ufer, die von einem geringen Zurückfließen gefolgt ist und wesentlich zur Uferbildung beiträgt. Bei sandigem Ufer bilden sich auch wohl die **Wellenfurchen, Ripples** (Wellung des Sandbodens), die man oft an der Meeresküste viele Kilometer weit bemerkt und die vielleicht manche geologische Bildung erklären können.

Ein jedes Gewässer bringt, auch wenn es in Ruhe ist, an der Grenze des Niveaus am Ufer bestimmte Umänderungen durch Lösung, Fortspülung, Einsickerung hervor. Tritt im Winter Frost hinzu, so werden diese Wirkungen noch stärker. So kann man, wenn das Niveau sinkt, das höhere frühere Niveau erkennen, und es zeigen uns diese Strand- und Uferlinien deutlich die Niveauveränderungen. Sie sind nicht mit den Uferterrassen (an den großen Seen Nordamerikas schräge und konvergierende Terrassen) und den Strandwegen (Schottland) zu verwechseln, breite Absätze, auf denen öfters noch Überreste von Organismen gefunden sind. Diese Strandverschiebungen hängen mit Hebungen und Senkungen des Landes oder mit Steigen und Sinken des Wasserniveaus oder mit der Ausbreitung der Gletscher in der Glacialperiode zusammen, und es ist verschiedentlich schon darauf Rücksicht genommen.

Die Verwitterungslinien zeigen sich auch bei jedem stehenden Gewässer, dessen Niveau durch Verdunstung sinkt, und man kann die Ausbreitung früherer Seen, ja das temporäre Ansteigen und Fallen des Niveaus, mit Hülfe dieser Änderungen und der Bodenbeschaffenheit leicht feststellen. Der große Salzsee in Utah (Spiegel 1585 m über dem Meere, größte Tiefe 320 m) hatte in der Quartärzeit eine viel größere Ausbreitung (ehemaliger Bonneville-See). Die Salt Lake City liegt auf altem Seegrunde und die westliche Ebene (Great Salt Lake Desert) zeigt die Spuren der ehemaligen Salzseebedeckung; auch der Monosee, Pyramidsee, Carsonsee, westlich davon, sind aus großen Seen entstanden. Ebenso sind wohl die zahlreichen Seen nördlich vom Kaspisee durch Austrocknung des ausgedehnten Seebeckens entstanden. Dies Schwinden und vielleicht vollständige Austrocknen der Seen hängt mit von ihrer Tiefe ab. Dieselbe ist außerordentlich verschieden; bei einigen, selbst großen Seen, ist die Tiefe sehr gering (Neusiedler See 4 m bei mittlerem Wasserstand), während manche kleinere Seen eine sehr große Tiefe besitzen, bei anderen ist die Tiefe so groß, daß der Boden unter dem Meeresniveau liegt. Dies ist besonders bei den Seen am südlichen Abhange der Alpen der Fall: so liegt der Spiegel des Lago Maggiore 197 m über dem Meeresspiegel, der Boden, bei einer Tiefe von 375 m, 178 m unter dem Meeresspiegel; beim Comersee ist die schmalste Stelle zugleich die tiefste, 414 m (bei Torriggia 750 m breit), während das Niveau 199 m über dem Meere ist. Bei ganz kleinen Seen ist die Tiefe oft verhältnismäßig sehr groß: der Fischsee in der Hohen Tatra (Niveau 1415 m ü. M.) hat bei 33 ha Oberfläche eine Tiefe von ca. 50 bis 60 m. Es steht also die Tiefe der Seen mit der Größe ihrer Oberfläche in keinerlei Zusammenhang. Die durch Erdsenkungen und Erdfälle entstandenen Seen sind bei kleiner Oberfläche verhältnismäßig tief (Waltenrieder Teiche), ebenso viele Kraterseen, wie der Mazamasee (in Oregon), der kreisförmig bei 8 km Durchmesser 600 m Tiefe hat. Im Volksglauben werden die Tiefen dieser Seen weit überschätzt, bei den Seen der Hohen Tatra wie

bei den Walkenrieder Seen, die durch Erdfälle entstanden sind, ging die Phantasie so weit, sie mit dem Meere in Verbindung zu setzen. Messungen haben ergeben, daß die „unergründlichen Tiefen" nicht vorhanden sind und der rätselhafte Zusammenhang solcher weit entfernt vom Meere liegender Seen mit diesem nicht besteht, wie der genauen Messung gegenüber viele der übertriebenen oder erdachten Vorstellungen besonderer Naturmerkwürdigkeiten und -erscheinungen haben schwinden müssen.

Allerdings giebt es verschiedene Seen, deren Wasserstand zu bestimmten Zeiten bedeutend anders ist als zu anderen. Hierher gehören die Seen, die als **Katabothren** (vergl. S. 451; dieser Name wird bisweilen auch für Schlundbäche gebraucht, die an einer Stelle verschwinden, an einer anderen wieder hervordringen) bezeichnet werden. Diese finden sich besonders in Griechenland, so in Morea; der Kopaissee, Böotien, war die größte Katabothra; er ist jetzt künstlich ausgetrocknet und nutzbar gemacht (Weiteres über denselben vergl. später S. 512). Auch der Zirknitzer See in Krain (513 m über dem Meere) gehört hierher, er hat 40 qkm Oberfläche (bei hohem Wasserstande) und eine mittlere Tiefe von 6 m. Der wechselnde Wasserstand hängt von der Witterung ab. Der See besitzt eine große Anzahl Abzugskanäle, wie denn ganz Krain mit einem unterirdischen Spalten- und Flußnetz durchsetzt ist. Das Abströmen des Sees in unterirdische Hohlräume und Spalten und das Anfüllen derselben mit Wasser erklärt leicht die Verschiedenheit des Wasserstandes.

Hier mögen nur noch einige Angaben (nach Originalen, sowie nach **Ritter** und **Credner** [letztere in Klammern beigefügt]) über die Tiefe einzelner Seen folgen:

	Tiefe m	Höhe des Niveaus m über bezw. unter M.
Achensee	722 [92]	944
Baikalsee	bis 800 [1373]	470 [477]
Bassin d'Arcachon (Dünensee in den „Landes")	10	
Bodensee	174 [20 bis 306]	396 [393]
Brienzer See	261 [650]	568 [ca. 590]
Chiemsee	141 [80]	503
Comersee	414 [416]	199 [197; 213]
Dratzigsee	83	128
Fischsee („Meerauge")	50 bis 60	1415 [1422]
Gardasee	158 [290; 825]	63 [69]
Genfer See	310	375
Lac de Joux	26	1009
Lago Maggiore	375 [854]	197
Mittelmeer	2197	
Starnberger See	114 bis 119 [245]	593 [584]
Tiberias	6 bis 8	—212
Totes Meer	565 [399]	—394
Walchensee	191 bis 195 [215]	835
Wallensee	bis 156	425

Von den norddeutschen Seen ist der tiefste der Dratzigsee in Hinterpommern mit 83 m Tiefe.

Wie überall findet man auch bei den Seen, daß die tieferen Wasserbecken

schwerer zufrieren als die flacheren, eine Erscheinung, die sich aus den physikalischen Eigenschaften des Süßwassers erklärt. Es ist bekannt, wie schwer die Alpenseen und die Seen des schottischen Hochlandes zufrieren.

Daß die Seen, welche von Flüssen durchströmt werden, regulierend auf den Stand der Flüsse und auf ihre Klärung einwirken können, ist leicht erklärlich.

Die Farbe der Seen ist oft ausgeprägt blau (Genfer See) oder dunkelgrün (die meisten Schweizer Seen). Die geringere oder größere Menge suspendierter Substanzen, sowie der Untergrund (Tuff), auch wohl gelöste Substanzen, bedingen dieselbe wie auch die Farbe der Flüsse. Torf- und Moorseen sehen dunkelbraun, fast schwarz aus durch die organischen Substanzen, welche sich in dem Wasser befinden; Seen in den Gipsgebirgen haben oft eine hellblaue Farbe, die Seen in der Ebene eine gelbliche oder schwachgraue Farbe. So läßt manchmal die Farbe einen Schluß auf den Untergrund zu. Vielfach aber, wie bei unseren norddeutschen Seen, ist die Reflexionsfarbe, die durch Zurückwerfung des Lichtes des bedeckten oder klaren Himmels oder der Umgebung entsteht, vorherrschend.

a) Einteilung der Seen.

Am besten wird die Behauptung, daß die Seen frühere geologische Umänderungen als beredte Zeugen darthäten, bewiesen durch eine Klassifikation der Seen, die auf ihre Entstehungsursachen sich aufbaut. Abgesehen von der menschlichen Einwirkung sind dabei alle umändernden Faktoren der Erdrinde thätig gewesen: Wasser, Eis, Wind, Vulkanismus.

Fast allgemein angenommen sind die Einteilungen von Davis und Credner und geben einen vortrefflichen Überblick[1]); von verschiedenen Seiten sind Abänderungen und Vervollständigungen vorgeschlagen, wie Komben- oder Klusenseen (in Schluchten durch Erosion und Abdämmung entstandene Seen).

In der folgenden Übersicht sind, um eine Vorstellung der beiden Einteilungen zu geben, diese in den Hauptabschnitten zusammengestellt, während in der Ausführung das für die Begründung der geologischen Stellung der Seen Wichtigste wiedergegeben ist.

Credner:	Davis:
I. Festlandseen oder echte Binnenseen, nachträglich entstanden auf bereits festländischem Boden. A. Abdämmungsseen, entstanden durch Abdämmung von prä-	I. Orographische Becken, entstanden durch eine Bewegung der Erdoberfläche bei der Herausgliederung der vertikalen Gliederung der Festländer.

[1]) R. Credner. Die Reliktenseen, eine physisch-geographische Monographie. I. Teil: Über die Beweise für den marinen Ursprung der als Reliktenseen bezeichneten Binnengewässer. II. Teil: Über die Kennzeichen und die Entstehungsarten der echten Reliktenseen (Ergänzungsheft Nr. 86 und 89 zu Peterm. Mitt.).

W. M. Davis. On the classification of Lake Basins. Erschien in den Proceedings der Bostoner Gesellschaft für Naturwissenschaft 1882, Bd. 21, S. 325. In den Verhandlungen der Berliner Gesellschaft für Erdkunde 1883, S. 123 findet sich ein Auszug, ebenso in den Archives des sciences physiques (Genf) (3), Bd. 9, S. 217.

existierenden Thälern und Flußläufen.

B. Umwallungsseen (Enclosure-Basins [Davis]), entstanden durch ungleichmäßig hohe Aufschüttung von Gesteinsmaterial.

C. Einsturzseen, entstanden durch lokalen Einbruch von Gesteinsmassen.

D. Ausräumungsseebecken [v. Richthofen], (Destruction- or Erosion-Basins [Davis]), entstanden durch Aushöhlung des Bodens, infolge lokaler Wegräumung von Gesteinsmaterial (glaciale, Evorsions- und äolische Ausräumung).

E. Tektonische Seen (Construction- or orographic Basins [Davis]), entstanden durch tektonische Vorgänge (Faltung, Bruch u. s. w.), und daher in ursächlichem Zusammenhange mit dem Gebirgsbau und der vertikalen Gliederung der Festländer stehend (Faltungsseen, Bruchseen: Totes Meer, Tanganjika; Verwerfungsseen; Centralbecken der Kontinente: Ngamibecken [nach Richthofen].

II. Reliktenseen, gleichzeitig entstanden mit der Herausbildung der jetzigen Festlandsumrisse durch Abschnürung und Isolierung von Meeresteilen.

A. Reliktenseen, entstanden durch Abdämmung und Isolierung von Meeresteilen, vermittelst bis über den Meeresspiegel emporgewachsener Gesteinsbildungen.

I. Abdämmungsseen, entstanden durch Abdämmung von Meeresbuchten und anderen randlichen Partieen des Meeres. (1. Deltaseen, 2. Strandwallseen, 3. Strandriffseen, 4. Gletscherseen, 5. vegetabilische Barrenseen, 6. vulkanische Barrenseen.)

II. Umwallungsseen, entstanden durch allseitige Umschließung von Teilen offenen Meeres. (Seen, hervorgerufen durch ...

Die Becken sind gebildet durch Gebirgsumwallung, Gebirgsfaltung, Verwerfungen, ungleichmäßige Niveauänderungen in Thälern, Einsenkungen infolge von Erdbeben, Einbruch subterraner Lavaräume, Einsturz von Gebirgsschlotten, Kalkhöhlen 2c.

II. Erosionsbecken, entstanden durch lokale Fortführung von Gesteinsmaterial.

Die Fortführung ist bewirkt durch Gletschererosion, Winderosion, auflösende Thätigkeit des Wassers an der Oberfläche von Kalkstein, Gips, Salzlagern, durch Explosion unterirdischer Gasansammlungen (Maare, Kraterseen).

III. Abdämmungs- und Umwallungsbecken, entstanden durch ungleichmäßige Anhäufung von Material, durch welche entweder die Abdämmung von Wassermassen oder aber die Bildung eines von jenem Material allseitig umschlossenen Beckens herbeigeführt wird.

A. Abdämmungsbecken: Thäler, abgedämmt 1. durch Schuttkegel, 2. durch Gletschereis, 3. durch Endmoränen, 4. durch ungleichmäßige Ablagerung von Schuttmassen, 5. durch Lavaströme, 6. durch Sandbarren, Dünen, Nehrung, 7. Korallenriffe, 8. alte Flußarme, abgeschnitten durch Ansammlungen von Sinkstoffen am Ein- und Ausgange (Oxbows, river lagoons), 9. durch Bergstürze, 10. durch Biberbaue.

B. Umwallungsbecken (Enclosure-Basins), entstanden 1. durch ungleichmäßigen Absatz der Flußsinkstoffe im Deltagebiete, 2. durch ungleichmäßige Ablagerung der Sedimente auf dem Boden des Meeres oder der Binnenseen; durch Emportauchen dieser Gebilde über den Wasserspiegel entstehen die New Land-Basins, 3. durch ungleichmäßige Anhäufung von Glacialablagerungen (Glacial drift Basins), 4. durch Kraterumwallungen, 5. durch Emporwachsen von mehr oder weniger

bracht durch Delta-Alluvionen, Atollseen.)

B. Reliktenseen, entstanden durch Isolierung von beckenförmigen Vertiefungen des Meeresbodens infolge negativer Niveauveränderungen, Emersionsseen. Augenblicklich sind nur zwei Unterabteilungen zu unterscheiden:
   1. Abdämmungsbecken, entstanden durch Moränendämme der Glacialzeit.
   2. Erosionsbecken (Felsbecken, ehemalige Fjords und Küstenmeere, durch Gletschererosionen entstanden: Loch Lomond).

C. Reliktenseen, entstanden durch Einschrumpfung ehemaliger Mittelmeere (Kaspisches Meer, Aralsee).

geschlossenen Lagunenriffen (Coral-Island-Lagoons).

Die Gletschererosion ist besonders ausführlich berücksichtigt.

Für einzelne besondere Lokalitäten sind naturgemäß besondere Einteilungen getroffen; so stellt Geinitz, mit besonderer Rücksicht auf die norddeutschen Seen, folgende Einteilung auf:

I. Senkungsseen, Wasserausfüllung bestehender Bodendepressionen, die nicht durch Erosion entstanden.
   a) Faltenseen, Pingenseen in Einsturzbecken, Kraterseen;
   b) Strandseen: Depressionen, die durch allgemeine Landsenkungen unter den Meeresspiegel gelangen.

II. Reliktenseen, durch Hebung losgetrennter Meeresteile entstanden.

III. Stauseen, gebildet durch Abschluß eines Erosionsthales.
   a) Absperrung durch eine Moräne;
   b) durch das Gletschereis eines Querthales;
   c) das Thal wird innerhalb seiner Erstreckung abgesperrt durch Alluvialzuwachs, seitliche Zuschüttungen u. s. f. (Flußseen);
   d) durch eine vordere Endmoräne (Moränenseen im engeren Sinne).

IV. Erosionsseen in Depressionen, die durch vertikal wirkende Kräfte gebildet wurden, entweder
   a) durch Gletschererosionen (Gletscherseen),
   b) durch strudelnde Wässer (Kesselseen).

Demgegenüber mag eine Einteilung der Seen der deutschen Alpen gegeben werden[1]):

I. Hochgebirgsseen (direkte Abhängigkeit vom Gebirgsbau ist nicht zu erkennen).
   a) Cirkusseen, — b) Thalseen.

   Die Cirkusbildungen werden eingeteilt in: 1. Trichtercirken (Gebilde des erodierenden Wassers, meist seenlos); 2. Bottner (Ursache: Glacialerosion bei rückschreitenden Gletschern); 3. Mischtypen von Cirken.

II. Randseen (Abdämmungsseen) und

III. Vorlandseen.

[1]) Angaben über die Seetiefen und Seeareale einer Anzahl von Seen sind in der Abhandlung: Die Seen der deutschen Alpen, Monographie von Geistbeck hinzugefügt.

Ein großer Teil der Seen ist hiernach durch Wasserausfüllung der Bodenvertiefungen des schon gebildeten festen Landes nachträglich entstanden.

b) Ausführungen zur Einteilung der Seen.

α) Die Festlandseen oder echten Binnenseen.

Hierher gehören zunächst alle die Seen, welche Vertiefungen, die mit dem Gebirgsbau im Zusammenhange stehen, einnehmen. Diese Vertiefungen können in mannigfaltigster Weise entstanden sein, durch Faltung und Bruch, wie überhaupt durch Verschiebungen in der Erdrinde. Da sie so sich dem Aufbau der Gebirge unmittelbar anschließen, hat man sie tektonische Seen genannt. Es gehören hierher viele Seen der Jurakette, vor allem der Lac de Joux und Lac de Brennet, die nur durch einen Damm getrennt sind und aus welchem im unterirdischen Laufe die Orbe entspringt. Auch viele Alpenseen sind zu den tektonischen zu rechnen, so der Vierwaldstädter See, der Wallensee. Während man früher geneigt war anzunehmen, daß das Tote Meer durch vulkanische Katastrophen entstanden oder der Überrest eines alten Meeresarmes sei, den man sich bis zum Roten Meere fortgesetzt dachte, sieht man es jetzt an als entstanden durch den Jordan, der die durch Schichtenbruch entstandene, unter dem Meere liegende Thalvertiefung zum Teil ausgefüllt hat. Das Jordanwasser, das verhältnismäßig reich an Salzen, namentlich an Chlornatrium und Chlormagnesium ist (in 100 000 T. je 50 u. 32 T.) scheidet beim Verdunsten zunächst Kochsalz (Steinsalz) ab, während eine Lauge, die viel Chlormagnesium enthält, zurückbleibt. Sollte im Toten Meere ein vollständiges Eintrocknen eintreten, so würde ein Salzlager, das vor allem Chlormagnesium, dann Chlornatrium, Chlorcalcium, Chlorkalium, Brommagnesium und Verbindungen derselben (Abraumsalze) enthielte, zurückbleiben. Der in dem Toten Meere auftretende Asphalt rührt vom Boden oder von benachbarten bituminösen Schichten her. Zu den Bruchseen ist wahrscheinlich auch der Tanganjikasee zu rechnen, während Ngami- und Tsadsee wohl durch Ansammlungen und Ausfüllungen vorhandener Vertiefungen entstanden sind.

Eine große Zahl der echten Binnenseen ist durch Abdämmung von vorhandenen Thälern oder Flußläufen entstanden: Abdämmungsseen. Zu solchen Abdämmungen können die verschiedensten Ursachen Veranlassung geben. Da sind es Bergstürze und Bergschlipfe, Bergrutsche oder verwitternde Schuttkegel, welche solche Aufstauungen veranlassen können, auch wohl Schlammströme, wie dies beim Gaishornsee (unweit Rottenmann in Steiermark) der Fall gewesen ist. Da solche Gesteinsmassen auch durch vulkanische Thätigkeit vorgeschoben werden können, hat man auch Seen, die durch Absperrung früherer Lavaströme erzeugt sind, wie der Owenssee in Kalifornien, oder durch vulkanische Schlammströme (im Seendistrikte Neuseelands). Ebenso liefern Gletscher das Absperrungsmaterial. Aus der Eiszeit finden sich viel Wasseransammlungen hinter den alten Moränen, Moränenseen, so bei Chorin in der Mark, aber auch noch heute entstehen so Seen, wie der Lombalsee im Montblancgebiete. Bekannt ist auch, daß direkt Eismassen solche Aufstauungen veranlassen können, wie beim Aletschgletscher der Merjelensee; der

Vernagtferner (Hochjoch in Tirol) querte mehreremale das Thal, 1846 bildete eine 200 m dicke Eismasse den Damm und der sich bildende See (Rofensee genannt) verursachte beim Durchbruch große Verwüstungen im Ötzthale. Auch in Westgrönland bilden die Gletscherströme Eisseen, so bei Frederikshaab der Frederikshaabgletscher.

Da die Flüsse eine Menge von Material mit sich führen, das zum Teil während des Laufes, zum Teil an und vor der Mündung der Flußläufe sich absetzt, so können die einzelnen Teile des Flüsses von verschiedenartigen Seenbildungen begleitet sein. Der Brahorisee in Ätolien und der Achensee werden als Beispiele von Abdämmungsseen durch Flußsedimente angeführt. Die zahlreichen Stromlagunen, Apophysen der Flußläufe, toten Arme, wie man sie am Rhein (Mannheim, Straßburg) und am Mississippi (Oxbows genannt) findet, gehören ebenfalls hierher. Freilich giebt es gerade hier an den Mündungen der Flüsse Übergänge der eigentlichen Binnenseen zu den Reliktenseen in großer Menge. Die zahllosen Sümpfe, Bayous u. s. w., wie sie das Delta des Mississippi zeigt, wie sie sich an der Pomündung und den Mündungen der norditalienischen Ströme in das Adriatische Meer vorfinden, sind z. B. durch gemeinsame Wirkungen von Fluß und Meer entstanden. Bilden sich doch bei hohem Wasserstande zahlreiche oft nur temporäre Seen, denen auch die hinzuzurechnen sind, welche bei Überschwemmungen, Austritten von Flüssen, Dammbrüchen entstehen und oft lange Zeit zum Austrocknen brauchen. Sind doch Überschwemmungsgebiete eigentlich Seebecken, die vor der natürlichen Ausfüllung geschützt werden; die menschliche Arbeit brauchte nur kurze Zeit zu ruhen und zahllose Seen, ja Seendistrikte würden in obiger Weise entstehen. Zu dieser Gruppe zählen wohl manche der größeren Seen Nordchinas zwischen Jangtsekiangmündung und der alten Mündung des Hoangho und viele Seen bei Deltamündungen.

Diesen Vorbeugungen gegen Seeentstehung schließen sich als Abdämmungsseen die **zoogenetischen** Seebildungen an, wie sie in Nordamerika vorkommen. Viele kleine Seen sind durch Biberdämme (vergl. Tl. I, S. 231) entstanden; durch diese Bauten wurden Bäche zu seeähnlichen Teichen angestaut, auch legen diese Tiere Kanäle an, so daß Sümpfe entwässert werden und kleinere fließende Gewässer ihren Lauf ändern. Einige der Dämme sind 150 bis 200 m lang und 2 bis 3 m hoch, unten 4 bis 6 m, oben 1 bis 2 m dick und aus Hölzern (Weiden, Pappeln) in verschiedenen nicht regelmäßigen Anordnungen zusammengesetzt. Früher waren diese Bauten im Gebiete des Oberen Sees häufig, wie im ganzen Grenzgebiete zwischen Kanada und den Vereinigten Staaten. Bald werden sie der vorschreitenden Kultur ganz zum Opfer gefallen sein, wie dies schon bei den Biberburgen, den Wohn- und Vorratsräumen der Biber in Deutschland, der Fall gewesen ist. Diese Bauten führen zu einer anderen Art der Abdämmungsseen, den **anthropogenetischen**, durch Menschenhand geschaffenen, die in einem besonderen Abschnitte der dynamischen Geologie: Geologische Umänderungen durch Industrie und Technik (anthropogenetische Umänderungen) kurz mit berücksichtigt werden.

Zu diesen Abdämmungsseen sind auch die durch Windverwehungen und Flugsand (**äolische Wirkungen**) entstehenden sandigen Durchsetzungen von

Flüssen zu rechnen, Flüsse werden so in einzelne Seen zerlegt („Rosenkranzseen“ v. Humboldts), wie dies in Steppen und Wüsten der Fall ist; ferner die Abgliederungsseen, welche von schon vorhandenen Seebecken durch Schuttkegel oder Gletscherwirkung abgeschnitten werden, z. B. Lago di Mezzola (zwischen Chiavenna und Colico), der eine Bucht des Comer Sees bildet, aber durch die Sedimente und Geschiebe der Adda abgetrennt wurde und die Mera aufnimmt.

Den Abdämmungsseen schließen sich an die Umwallungsseen, welche durch ungleich hohe Aufschüttung des verschiedensten Steinmaterials entstanden sind, wenn die so vorhandenen Vertiefungen durch hinzuströmendes Wasser oder aufsteigende Quellen gefüllt wurden. Die Seen im Glacialschutt (Seen der Moränenlandschaften in Norddeutschland) und auf dem Schutt von Bergstürzen gehören hierher. So wurde bei dem Bergsturze von Flims (Graubünden), der nicht in historischer Zeit stattfand, der Rhein aufgestaut, der sich erodierend Bahn brach; sieben kleine Seen im Bergsturzgebiete sind vielleicht Überreste der Aufstauung. Besonders müssen als zu den Umwallungsseen gehörig hervorgehoben werden die Kraterseen und Dünenseen. Alle Erdteile bieten hierfür ausgezeichnete Beispiele. Zu ersteren gehören die Seen der Explosionskrater, die Maare, vergl. a. a. Orte S. 326 u. 349 (z. B. in der Eifel, unter denen das tiefste das Pulvermaar).

Die eigentlichen Kraterseen sind Wasserausfüllungen in erloschenen oder seit längerer Zeit nicht thätigen Vulkanen, finden sich aber auch in Kratern von Vulkanen jüngst vergangener Entwickelungsepochen der Erde. Hierher gehört der große Kratersee in Oregon, der Mazamasee (auf der Cascade Range), 300 bis 600 m tief, ca. 2000 m über dem Meere, mit 6436 bis 9654 m Durchmesser, der eine eigentümliche Temperaturverteilung (16° an der Oberfläche, in 51,8 m ca. 4°, dann wieder Temperaturzunahme) zeigt, ferner sind zu nennen die Seen von Bolsena und Bracciano in Italien, Paven in Frankreich. Zahlreiche Kraterseen finden sich in Auckland und auf der nördlichen Insel von Neuseeland, und einige thätige Vulkane bergen in ihren Kratern noch Seen, so der Krater von Gelungung, Tangkuban, und andere auf Java, — bei dem plötzlichen Ausbruche des Gelungung, am 8. Oktober 1822, wurde die Hauptzerstörung mit durch die Gewässer des Kratersees hervorgebracht.

Die Dünenseen sind außerordentlich häufig. Bei der Wanderung der Dünen können Teile von Flüssen, Bächen u. s. w. abgesperrt werden und oft werden auch an dem Innenrande der Dünen Aufstauungen erfolgen können; an unserer deutschen Ostseeküste die pommerschen Strandseen, wie der Jamundsee und Buckowsee bei Rügenwalde gehören hierher; besonders ausgeprägt sind aber diese Gebilde an der Küste der „Landes“, wo diese Strandseen ziemlich große Ausdehnung erreichen, wie der Etang de Cazau, sie bilden nördlich und südlich von dem offenen Bassin d'Arcachon bis zur Garonne und Adourmündung eine fortlaufende Reihe [1]).

---

[1]) Diese und andere Seenbildungen finden sich vortrefflich physiographisch dargestellt in dem physikalischen Atlas von Berghaus, Abteilung Hydrographie.

Zu den echten Binnenseen und Festlandsseen gehören dann die Einsturzseen. Vertiefungen und Einstürze in der festen Erdrinde können auf die mannigfaltigste Weise entstehen. Da sind es zunächst die vulkanischen Kräfte, die solche kesselartigen, kraterähnlichen Vertiefungen hervorbringen können, zu denen auch die Maare, die schon öfter erwähnt sind, gehören und die so mit den vulkanischen Umwallungsseen in nahem Zusammenhange stehen. Aber nicht nur vulkanische Eruptionen vermögen solche Vertiefungen hervorzubringen, auch jene gewaltigen schnellen Verschiebungen, Hebungen und Senkungen der Erdrinde, die sich als Erdbeben äußern, bringen Vertiefungen hervor, die mit Wasser angefüllt sich als Erdbebenseen bezeichnen lassen. Bei dem großen Erdbeben in Kalabrien, Februar und März 1783, bildeten sich runde, trichterförmige Löcher von 2 bis 3 m Durchmesser, von denen radiale Spalten ausgingen, durch Gasexplosionen, die mit Wasser gefüllt, äußerlich den Erdfällen, die auf ganz andere Weise entstehen, gleichen (Rundlöcher, vergl. Fig. 225, S. 358), und auf dem Askjalavafelde in Island findet sich ein durch vulkanische Kräfte in neuerer Zeit, 1875 und 1880, entstandener Einsturzsee von 14° C. bis 20° C. Wasserwärme. Zu den Erdbebenseen gehören auch die bei den großen Mississippi-Erdbeben, 1811, zwischen St. Francis und dem Mississippi bei Neu-Madrid entstandenen Seen, von denen der größte der St. Mary-See ist.

Viel häufiger, viel verbreiteter sind aber die Einsturzseen, die durch Auflösen leicht löslicher Stoffe im Inneren der Erde entstehen. Der Gips ist ein verhältnismäßig leicht in Wasser lösliches Gestein ($^1/_{500}$) und so kommen denn in Gipsgebirgen die mannigfaltigsten Bildungen vor (Gipsschlotten, Höhlen, Klüfte u. s. w.), von denen die Erdfälle und Erdlöcher, die mit Wasser gefüllt sind, hierher gehören. Am Südharz finden sich zahlreiche kreisförmige Seen, oft von großer Tiefe, die durch Einstürze von Hohlräumen im Gips entstanden sind. Auch in Kalkgebirgen finden sich solche Einstürze, Dollinenseen, Schlundseen im Karst; auch der Eibsee in den bayerischen Kalkalpen gehört hierher. Daß in den Schlammanhäufungen der Deltagebilde Einsackungen und Vertiefungen in den Sedimenten entstehen können, liegt auf der Hand, so sind hierher wohl die Deltaseen bei New Orleans (Pontchartrainsee) zu zählen.

Alle diese und ähnliche Bildungen hängen mit den durch die erwähnten Faktoren hervorgebrachten Umänderungen zusammen, ebenso auch die sogenannten Destruktions- und Erosionsbecken, Ausräumungsseen, die durch Aushöhlung des Beckens entstanden sind. Vor allem sind hier zu nennen die durch Mithülfe von Gletschererosion entstandenen Seen. Wenn auch die Frage der erodierenden Kraft der Gletscher noch nicht definitiv entschieden ist, so sind doch, das ist wohl als sicher anzunehmen, jene Seebecken am Ausflusse der großen Gletscher des Alpengebietes, die unser schönstes europäisches Gebirge am Nord- und Südabhange säumen, mit unter Einfluß der Gletscher entstanden: Moränendämme und alte Gletscherspuren weisen darauf hin. Der Starnberger See, Brienzer und Thuner See bieten Beispiele dafür.

Mit Evorsion hat man die Ausnagung durch herabstrudelndes Wasser bezeichnet, das gewissermaßen eine bohrende Kraft ausübt. Diese Wirkungen werden durch Roll- und Rundsteine unterstützt. Die Riesenkessel bei manchen

Wasserfällen (z. B. den Imatrafällen in Island) und die Wirkungen der Gletschermühlen gehören hierher. Manche erklären die zahllosen Sölle (kleine kreisförmige Seen) der norddeutschen Tiefebene, besonders viele Seen Mecklenburgs aus solchen Wirkungen. Auch andere Ursachen, abgesehen von den industriellen, können solche Vertiefungen hervorbringen; so sind die Salzseen der Mongolei (Pumpellysee) und Persiens durch äolische Deflagration entstanden.

Schon aus den bisherigen Darlegungen ist klar, daß jede Niveauverschiedenheit an der Erdoberfläche zu Wasseransammlungen der verschiedensten Art Veranlassung geben kann und daß man die verschiedensten Einteilungsgruppen aufzustellen vermag; so lassen sich die Größe, die Eisbedeckung (eisfreie, unbedeckte Seen), die Höhenlage (Tiefland- und Hochlandseen), die Gestalt (runde, ovale, Spalten-Seen), die Struktur der Umgebung und sonstige Verhältnisse als Ausgangspunkte wählen; überall werden sich aber Schwierigkeiten erheben, da es die mannigfachsten Übergangsformen giebt, und so wird auch von den bei der zweiten Hauptgruppe: Reliktenseen zu erwähnenden Seen in manchem Falle der eine oder andere See den vorigen Gruppen zugerechnet werden können, und umgekehrt.

β) Reliktenseen.

Das Charakteristische für die Reliktenseen[1]) ist, daß sie durch Abtrennung und Isolierung von Meeresteilen gleichzeitig mit der Herausbildung der jetzigen Landverhältnisse entstanden sind.

Es kommt zunächst darauf an, die Merkmale festzustellen, durch welche der Beweis für einen See geführt werden kann, daß er Reliktensee ist. Diese Beweise stützen sich auf den historischen Nachweis von Verschiebungen der Meeresgrenzen, auf Namenerklärungen gewisser Binnenseen, Argumente, die nur für eine kleine Zahl von Seebecken beweiskräftig sind; auch die morphologischen Merkmale (Umrißgestaltung, Tiefenverhältnisse) geben keinen durchaus sicheren Anhalt. Wenn nun auch das Vorkommen mariner Tierformen in Binnenseen (Seehunde im Baikalsee) und das Vorkommen mariner Pflanzenformen, beides an und für sich von höchstem Interesse, für sich allein noch nicht entscheidend ist, so wird doch der hauptsächlich beweisende geologische Befund eine nicht unwesentliche Stütze dadurch erhalten können. Geologisch kann man hauptsächlich drei Entstehungsweisen unterscheiden:

1) Reliktenseen, entstanden durch Abdämmung und Abtrennung von Meeresteilen durch Gesteinsbildungen, welche über den Meeresspiegel emporwachsen.

2) Reliktenseen entstehen, wenn beckenförmige Vertiefungen des Meeresbodens durch negative Niveauveränderungen emportauchen (Emersionsseen).

3) Reliktenseen entstehen durch Einschrumpfung und Verdunstung kleiner, vom Ocean fast unabhängiger Meeresbecken (der sogenannten Mittelmeere).

Zur ersten Gruppe gehört ein großer Teil der Deltaseen, nämlich diejenigen, die durch Vorrücken und Anwachsen der Deltas vom Meere losgetrennt sind, wie viele Seen Bessarabiens (der Jalpuchsee), der See Akiz, als

[1]) Relikten von relictus, zurückgelassen.

Rest des Latmischen Meerbusens, in den sich der Mäander (jetzt Böjük Menderez, Kleinasien) ergoß, und viele Seen des Mississippideltas (vergl. oben). Die Strandwälle haben zu einer großen Zahl von Seen, Lagunen (Italien), Haffe (Kurisches, Frisches Haff), Limans (Schwarzes Meer), Etangs (Frankreich) Veranlassung gegeben; auch entstehen solche Seen, wenn Meeresstraßen an zwei Seiten abgeschnürt sind (See von Giens bei den Hyères, Südfrankreich). Werden endlich durch Riffe die Uferwälle erweitert und verbreitert, so können unzählige Strandriffseen sich bilden, wie an der Südspitze von Florida; verdankt doch vielleicht der Okee-cho-beesee, im Inneren von Florida, den jahrtausendelang andauernden Bildungen dieser Art seine Entstehung. Gletschermassen können Meere abschnüren, wie bei den Eisseen von Frederikshaab; und vulkanische Produkte haben den Taal (Bombonsee) auf Luzon wahrscheinlich vom Meere getrennt. Auch Teile des offenen Meeres können durch Umwallungen zu Seen werden, wie die Lagunen in den Atolls (vergl. Korallenbildungen), ebenso können Deltaalluvionen mit oder ohne Strandwallbildungen solche Einschließungen hervorbringen. Wir sehen also, daß die nämlichen oder entsprechenden Faktoren, die bei den Wasseransammlungen der Binnenseen mitsprechen, auch die Reliktenseen hervorbringen können.

Ferner zählen als der zweiten Gruppe angehörig vor allem hierher auch die Hebungen bezw. die durch negative Niveauveränderung entstandenen Seengebiete in Süd-, Mittel- und Nordschweden und die Gletschererosions-Felsbecken in Schottland (Loch Lomond) und Schweden u. s. w.; auch der Agassiz-See am nördlichen Mississippi ist ein See der Eiszeit, an dessen Ufer man Glacialwirkungen festgestellt hat. Wie weit und ob das Eis der Gletscher selbst die Seebecken ausgehöhlt hat, ist eine viel erörterte Frage, die auch in dem erwähnten Abschnitte kurz Berücksichtigung finden wird.

Das Kaspische Meer dagegen, der Aralsee, die Seen der Dsungarei (Ajar-Nor, Bor-Nor), die Seen des Plateaus von Utah sind als Einschrumpfungen früherer ausgedehnter Binnenmeere zu betrachten.

c) Zusammensetzung des Wassers der Seen.

Von den übrigen Einteilungsprinzipien mag noch das chemische mit erwähnt werden. Seen, deren Wasser besondere Bestandteile gelöst enthält, werden häufig nach denselben benannt und unterschieden, so die schon erwähnten beiden Hauptgruppen Süßwasser- und Salzwasserseen.

Bei den Süßwasserseen ist das Wasser meist außerordentlich rein; neben den Gasen der Luft finden sich nur 2 bis 6 Tle. fester Substanzen gelöst in 10000 Tln. Wasser, so daß sich dasselbe zur Versorgung großer Städte sehr gut eignet; so bezieht Berlin das Wasser aus dem Tegeler- und Müggelsee, Glasgow aus dem Loch Lomondsee u. s. f.

Einige Seen sind fast frei von unorganischen und organischen Bestandteilen, wie das Wasser des Geramer (Vogesen); sonst enthalten z. B. 1000000 Tle. (Gramm) Wasser des Starnberger Sees 50,2 g, des Kochelsees (bayerische Alpen) 69,9 g, des Züricher Sees 139,5 g feste Bestandteile, doch ist der Gehalt auch nach Wasserstand, Niederschlag u. s. w. verschieden. Die

Bestandteile sind im wesentlichen dieselben wie im Flußwasser, Kali-, Natron- und Kalksalze (schwefelsaure Salze und Chlorverbindungen, kohlensaure Salze), organische Körper und etwas Kieselsäure.

Die Salzseen sind verschiedener Art; den höchsten Salzgehalt hat das Tote Meer, so hoch, daß der Mensch leichter als das Wasser ist. Das Wasser des Kaspischen Meeres ist an einzelnen Stellen sehr verschieden; während es in der Nähe der Wolgamündung Brackwasser ist, nimmt der Salzgehalt nach der asiatischen Küste zu und in dem fast abgeschlossenen Busen Karabogas, der keine Zuflüsse, wohl aber stets starke Verdunstung hat, bilden sich heute Salzlager, wie sie sich in früheren Epochen unserer Erdbildung bei Staßfurt gebildet haben. Die nördlich vom Kaspischen See gelegenen zahllosen Steppenseen (deren größter der Eltonsee ist) sind Salzseen (stark kochsalzhaltig), im Sommer ist der Wasserstand niedrig oder schwindet ganz und Ufer und Steppe werden von Kochsalzefflorescenzen bedeckt, so daß an manchen Stellen der Anblick der Steppen dem eines dünn überschneiten Bodens gleicht. Für Rußland bieten jene Gegenden eine Hauptquelle der Salzgewinnung. Salzseen (Salt lakes) finden sich ferner in Nordamerika (Utah), in Afrika (wo vielfach Salz im Inneren als Zahlungsmittel oder Tauschmittel dient) und im Inneren Asiens (Urmiahsee), in Australien (Torrens-, Eyre-, Gairdnersee). Von besonderer Wichtigkeit sind Seen, die seltenere Salze gelöst enthalten, wie die Boraxseen in Kalifornien und Tibet (vergl. Mineralogie, S. 108) und die Sodaseen, die zum Teil gewöhnliche Soda oder auch Trona oder Urao gelöst enthalten (Ägypten, vergl. Mineralogie, S. 102).

Es ist natürlich, daß manche Seen in anderer Weise sich unterscheiden, manche enthalten Gips oder größere Mengen Calciumkarbonat (Kalkseen), manche sind fast frei von Salz wie die Seen in Granit- oder Glimmerschieferbecken (viele Hochgebirgsseen).

Einige specielle Angaben[1]) über Zusammensetzung der Seen werden dies Bild vervollständigen.

I. Salzseen (Aralo-kaspische Depression, Krim, Vorderasien, Nordafrika, Moldau, Walachei, Australien, Großer Salzsee, Steppenseen der Pampas (Epoche: Kreide- bis Jetztzeit).

II. Natronseen (Natriumkarbonat, Natriumsulfat, ersteres meist entstanden durch Umsetzung von Natriumsulfat mit Calciumkarbonat) (Vansee, Unterägypten, Fezzan, Ungarn, Persien, Venezuela [Lagunillasee], Kalifornien u. s. w.).

Mineralien: Thermonatrit, Trona, Urao, Gay-Lussit (vergl. Mineralogie, S. 108).

III. Boraxseen (Tibet, Kalifornien, Nevada).

Außerdem kommen noch viele Seen mit besonderen Bestandteilen vor, deren einzelne Aufführung nicht notwendig ist, z. B. Seen mit freier Säure (Schwefelsäure, Borsäure, Lithiumverbindungen).

[1]) Nach Roth, Chemische Geologie, Bd. 1, S. 463 ff.

Hierzu noch einige Beispiele; so enthalten:

I. Salzseen:

	in 1000 Tln.
Kaspisches Meer . . . . . . 6,23 bis	56,275
Karabogasmeerbusen	284,9
Aralsee	10,8
Eltonsee	291,3
Bogdosee	284,28
Seen der Krim (Reste des Schwarzen Meeres). . . . . 127 bis	357
Totes Meer	259 (spec. Gew. 1,164 bis 1,234)
Urmiahsee (Persien)	205,5
Kuku-Nor	10,71
Bitterseen des Suezkanals	51,0223
Großer Salzsee	134,2

(Absätze der „Alkaliflats“ enthalten Chlornatrium, Sulfate von Kali und Natron.)

Die Zusammensetzung der Salze, welche in diesen Seen enthalten sind, ist sehr verschiedenartig, immer aber ist Chlornatrium der vorherrschende Bestandteil.

II. Natronseen:

Vansee. In 1000 Tln. Wasser 17,2 bis 21,1 Tle.

III. Boraxseen in Nevada:

In 1000 Tln. 2,421 Tle. Der Clearlake ist mit 55 Tln. einschl. der Gase der reichste Boraxsee.

d) Seestationen, künstliche Anlagen, Schotts.

Noch drei Punkte der Limnologie mögen hier kurz Erwähnung finden:

In biologischer Beziehung werden jetzt die Seen systematisch durchforscht (Planktonforschungen). Welche Wichtigkeit die organischen Lebewesen haben, um beurteilen zu können, ob der See mit anderen Wasseransammlungen in Zusammenhang gewesen ist oder nicht, ob er vielleicht einem anderen Fluß- oder Landgebiet (Steppen, Wald) angehört, ist schon bei den Reliktenseen angedeutet. Die biologischen Stationen (lacustrische Stationen), wie sie am Müggelsee, am Plönsee angelegt sind, haben den Zweck, die Entwickelung der Tierwelt, überhaupt die ganzen faunistischen Verhältnisse kennen zu lernen. Ebenso werden die Bestrebungen der Fischerei-Vereine auch noch manche Kenntnisse über die Verhältnisse der stehenden und fließenden Gewässer verschaffen. Es sind dabei schon wichtige Resultate gewonnen worden, zum Beispiel betreffs der Einflüsse der Witterung, der Jahreszeit auf die Lebewesen und die gegenseitigen Beziehungen derselben zu einander. Auch im Auslande sind solche Stationen geplant, eine finnische auf dem Forstinstitute Evois, eine österreichische am Balaton- oder Plattensee und eine italienische an den Albanerseen.

Künstliche Anlagen. Von jeher ist bei der Gestaltung der Seen die menschliche Thätigkeit von großem Einfluß gewesen, und es ist bekannt, daß vielfach Menschenhand die Seenbildung veranlaßt hat. In vielen Fällen sind durch jene neue Seen entstanden und alte geschwunden, wie z. B. durch Austrocknen der historische Trasimenische See, bei dem Hannibal 217 v. Chr. die

Römer schlug; und die noch zu erwähnenden Stauungen in Gebirgen wandeln die Gebirgssscenerieen in Seelandschaften weniger großartigen Charakters um. Wenn auch diese Bildungen eigentlich zu den anthropogenen Umbildungen der Erdrinde, die in einem späteren Abschnitte kurz abgehandelt werden, gehören, so mögen doch einzelne besondere Erscheinungen dieser Art schon hier eine kurze Beschreibung finden, zumal unsere industriell hoch entwickelte Zeit zur Betrachtung dieser Umänderungen besondere Veranlassung giebt.

Vor allem werden für bergmännische oder industrielle Zwecke oder auch für Regulierung der Wasserläufe und Hochwasser Stauungen angelegt. Die Thalsperren, welche hierher gehören, werden da überall ihr Recht haben, wo Hochwassergefahr vorhanden ist oder dringende Bedürfnisse (für Wasserbeschaffung u. a.) befriedigt werden müssen. Niemals aber sollten solche Anlagen geduldet werden, wo die Nachteile, die andere erleiden, größer sind als die Vorteile einzelner, oder wo Naturmerkwürdigkeiten für alle Zeiten dadurch zerstört werden.

Künstliche Wasseransammlungen finden sich zum Beispiel auf dem Oberharz. Als bestes Beispiel mag der Oderteich angeführt werden. Dieses Sammelbecken wurde schon 1714 bis 1722 gebaut. Der Damm besteht aus Granitblöcken, ist 28 m hoch und 102 m lang, der Teich ist 1633 m lang, 150 m breit und 19 m tief. Vom Teiche aus führt ein künstlicher Wasserlauf, der Rehberger Graben, nach Andreasberg, um dort für die Gruben verwendet zu werden. Auch die Umgegend von Klausthal ist mit Seen und Teichen übersät, die die Werke mit Wasser versorgen (z. B. Haus- und Herzbergerteich).

In manchen Fällen ist nicht mehr zu unterscheiden, ob die Seen und Teiche natürlich und wie weit sie künstlich sind. Das bekannteste und auffallendste Beispiel sind die Dombes. Zwischen Rhone, Saone, Aire und Veyle finden sich auf einem Plateau Hunderte von Teichen von einer Gesamtoberfläche von 20 000 ha. Viele davon dienen als Fischweiher, werden dann, wenn sie ausgefischt sind, trocken gelegt und beackert, später wieder gefüllt und mit Fischen besetzt[1]). Alle solche Bildungen sind im Austrocknen begriffen, wie dies auch der Fall ist beim großen Salzsee (Mormonensee) in Nordamerika, dessen Salzgehalt wie beim Toten Meere jetzt schon so groß ist (spec. Gewicht 1,168, gewöhnliches Oceanwasser durchschnittlich 1,025), daß Seetiere nicht in demselben leben können. Er ist der Überrest des erwähnten prähistorischen Bonnevillesees, durch Verdunstung erfolgte dann eine Konzentration des Salzes. Entfernt man, wie es des Handels wegen geschieht, das Salz (durchschnittlich 42 000 Gewichtsteile), so würden, wenn man annimmt, daß 16 000 Teile zugeführt werden (durch Brackwasserquellen und einmündende Flüsse), 14 000 Jahre notwendig sein, um so viel Salz zu entziehen, daß das Wasser das spec. Gewicht von circa 1,025 erhält und zum Aufenthalt von Seetieren dienen kann.

---

[1]) Sagt doch Reclus über dieselben: „Une grande partie des lagunes de la Dombe sont d'origine artificielle, et l'assèchement en serait encore moins coûteux que n'en a été la création. Elles servent de viviers aux hâves habitants des villages voisins, puis, après avoir été vidées et cultivées en céréales, elles sont de nouveau remplies et empoissonnées (Reclus, La Terre, I, pag. 509).

Das völlige oder teilweise Verschwinden der Seen (Zirknitzer See, Neusiedler See[1]) und ihre erneute Anfüllung, sowie die künstlichen Niveauänderungen, Trockenlegen u. s. w., haben mit den hier zu besprechenden Erscheinungen nichts zu thun. Die Erklärung der ersteren Erscheinung durch heberartige Spaltensysteme, die sich füllen, sowie Entleerung nach tiefer gelegenen Hohlräumen oder Abfluß höher gelegener Hohlräume — in beiden Fällen unterirdisch gelegen — erscheint fast überall ausreichend.

Als berühmtes Beispiel vom Verschwinden der Seen mag das des einen Mansfelder Sees, des salzigen Sees, dienen. Das ganze Gebiet um Eisleben und Mansfeld ist auf das mannigfaltigste durch den jahrhundertelangen Abbau des Kupferschiefers durchwühlt, wozu noch kommt, daß auch natürliche Hohlräume nicht selten sein mögen. Schon oft ist ein Teil der Stadt Eisleben selbst gefährdet gewesen, Erderschütterungen und Erdrutschungen haben stattgefunden, die sich durch Einstürzen solcher Hohlräume erklären, wie dies auch an verschiedenen anderen Orten der Erde (Böhmen, im Duxer Gebiet) beobachtet ist. Zahlreiche Erdfälle, „Einsturztrichter mit Wasser gefüllt“, sind über die ganze Gegend zerstreut. Wird bei dem Bergbau ein Hohlraum (Schlotten, Gipsschlotten) geöffnet, so können solche mit dem Hohlraume in Verbindung stehenden Gewässer sich weiter ausbreiten, und es tritt ein „Ersaufen der Gruben“ ein.

Der salzige See (6 km lang und durchschnittlich 1,5 km breit) hatte eine Oberfläche von 900 ha. Schon 1891 und 1892 hatte man ein geringes Sinken des Spiegels des Sees bemerkt; im Frühjahr 1892 konnte das Wasser in manchen Gruben nicht mehr bewältigt werden, man mußte eine Anzahl der Gruben außer Betrieb setzen, — vom Mai 1892 an wurde die Senkung bedeutender (an einigen Tagen bis 3 cm), vom August an nahm das Niveau um 5 bis 6 m in der Standhöhe ab. In dem Boden fanden sich einige trichterförmige Vertiefungen. Im Mai 1893 verringerte der eine Erdfall, der eine Tiefe von 18 m hatte, die Wasserhöhe bis beinahe zur Hälfte. Es konnte kein Zweifel darüber sein, daß die eindringenden Wasser des Sees die nicht zu bewältigenden Wassermassen der Gruben geliefert hatten.

Um weiteres Unheil zu verhindern, wurde die Genehmigung erteilt, den See abzulassen, wobei besonders die Wasserbeschaffungsfrage für die anliegenden Orte mit gelöst werden mußte. Das in die Erde sickernde Wasser des Sees (das Seewasser enthielt ca. 1 Proz. Salz) durchdringt die Salzlager des Zechsteins, nimmt dort Salz auf und wird durch Wasserhebemaschinen auf den Boden, die Sohle des Schlüsselstollens, des Abzugsstollens der Grubenwasser gehoben, durch welchen es als eine Soole von ca. 13 Proz. Salz abströmt. Dieses Wasser führte dann im Saalewasser wieder Veränderungen herbei.

Ein zweites Beispiel für die Umwandlung eines ganzen Landesdistriktes durch Austrocknen eines Sees bietet uns der Kopaissee, der für die Natur

[1]) Der Neusiedler See, der zu diesen intermittierenden Seen gerechnet wird, soll sich 1300 gebildet haben und hat sich 1693, 1738, 1865 entleert, 1869 bis 1876 fand wieder Füllung, wahrscheinlich unter dem Einfluß der Donau, statt. Seine größte Tiefe ist 4 m; das Wasser ist brackig und enthält neben Kochsalz Glauber- und Bittersalz.

Böotiens von alters her von der größten Wichtigkeit gewesen ist. Schon in den Sagen des Altertums spielt die Entwässerung eine Rolle; die Minyer in Orchomenos hatten den See abgeleitet und das unweit gelegene Theben unterworfen, — Herakles befreite die Stadt, verstopfte die Abzugskanäle und überschwemmte die Ebene von Orchomenos. Auch dieser See gehört zu denen mit veränderlichem Niveau. Er besitzt mehrere Abzugstrichter (Katabothren), und diese sind auch bei der Entwässerung benutzt[1]). Die beiden Flüsse Melas und Kephissos, die keinen anderen Abfluß als den See hatten, mußten freien Abfluß erhalten. 1889 wurde die Trockenlegung ernstlich in Angriff genommen und 1894 beendet. Die Gegend ist seitdem viel gesunder geworden, das Malariafieber hat bedeutend nachgelassen, ein Zeichen, daß die Schwere und Frequenz dieser Krankheit auch Beziehungen zu der Bodenbeschaffenheit erkennen läßt.

Ob sich die sonst an die Trockenlegung geknüpften Hoffnungen (Hebung des Ackerbaues) erfüllen werden, muß zunächst die Zukunft lehren, die Sanierung der Gegend ist das erste Resultat gewesen.

Wenn so die Entwässerung der Seen dauernde geologische Änderungen herbeigeführt hat und an vielen Orten der Erde noch herbeiführt, so hat die Trockenlegung auch manche eigentümliche Bildung kennen gelehrt, so in den Landes eine eigentümliche Sandbildung, „Alios“ (kompakter Sand); auch bei vielen Strandseen und Deltaseen können Gebilde ähnlicher Art entstehen, namentlich bei Senkungen des Meeresspiegels. Die eigentümlichsten Bildungen dieser Art sind die Bugors am nordwestlichen und nördlichen Ufer des Kaspischen Meeres. Sie bestehen aus tief in den Schlamm und Sand eingeschnittenen, langgestreckten, oft parallel gerichteten Thälern, die mit Wasser gefüllt sind, die Rücken (Bugors) sind 8 bis 10 m hoch, und Übergänge zu den Limanbildungen und langgestreckten Strandseen und Strandinseln finden sich auf der Strecke zwischen Kuma- und Wolgamündung, eine so merkwürdige Küstenbildung, wie sie sonst kaum auf der Erde wieder vorkommt.

Welche Rolle überdies die Seen bei Kanalbauten spielen, zeigen uns die Seen des Suezkanals, der bei einer Gesamtlänge von 160 km auf einer Strecke von 86,5 km vorhandene Seenbecken benutzt, und die Projekte des Nicaragua-Kanals, Umänderungen, die wie die oben erwähnten und später bei dem Kapitel „Anthropogene Bildungen“ noch zu besprechenden zusammengefaßt werden.

Zum Schluß mag auch an ein Unternehmen erinnert werden, das zu zahlreichen wissenschaftlichen Untersuchungen, Diskussionen technischer Fragen, phantastischen Ideen über Klima und Regenverhältnisse geführt hat, nämlich das Projekt Roudaires, die im Süden von Algier und Tunis gelegenen Schotts, d. h. Salzsümpfe, welche die Überreste eines ehemaligen Binnensees darstellen, und welche durch die Landenge von Gabes vom Mittelmeer getrennt sind, durch Durchstechung der letzteren zu bewässern und so

[1]) Die beiden Hauptentwässerungskanäle und der Durchstich nach dem Likeri-See sind auf den neueren Atlanten deutlich zu verfolgen.

ein Binnenmeer, das Algerische Binnenmeer[1]), herzustellen, — ein Plan, der zehn Jahre lang die wissenschaftliche und technische, aber auch die Laienwelt beschäftigte.

Von diesen Schotts ist der größte der Schott Melrir, östlich davon Schott Ghorsa, beide in einer Depression, an der tiefsten Stelle 31,5 m unter dem Meeresspiegel gelegen; die südlich vom Schott Ghorsa sich ausbreitenden trockenen Schotts El scherid und Fedschedsch haben eine Seehöhe von 17,4 m, an den Ufern gehen die Seehöhen gleich ziemlich bedeutend herauf. Die Landenge von Gabes (cirka 25 km breit) hat Höhen von 42 bis 52 m, so daß ein großer Teil des Gebietes überschwemmt werden könnte, wenn das Meerwasser durch Kanäle nach den tieferen Stellen geleitet würde.

Es wurde namentlich die Frage erörtert, ob dadurch eine Veränderung im Klima Süd- und Mitteleuropas herbeigeführt würde, und ob die Windströmungen und Regenverhältnisse geändert werden könnten.

Aber die geringe Oberfläche der Seewasserbucht hätte in dieser Weise nicht wirken können. Für die nächste Umgebung wurden die verschiedensten Vor- und Nachteile vorausgesagt. Die einen meinten, daß durch die Wasserbecken die Uferränder fruchtbar und verhältnismäßig regenreich würden, so daß Oasenbau üppig gedeihen könnte, andere folgerten umgekehrt, daß das Grundwasser Salzgehalt erhielte und hierdurch die jetzt vorhandenen Oasen eingehen müßten. In richtiger Abwägung etwaiger Vorteile sicheren Nachteilen gegenüber ließ man das von Roudaire ausgearbeitete Projekt, das sehr kostspielig war und einen Aufwand von 750 Mill. Franken beansprucht hätte, fallen.

Ganz ähnlich würden sich große Seen bilden und bedeutende Umänderungen ergeben können, wenn die Depressionen der einzelnen Landgebiete mit Wasser wieder angefüllt würden. Wenn die Verdunstung ab-, der Wasserzufluß zunähme, würde beim Kaspischen Meere bald die Depression angefüllt werden, und die Depression der Colorado-Wüste[2]), — 90 m, sowie die des Thals des Jordan, das vom See Genezareth (— 208 m) bis zum Toten Meer (— 394 m; Tiefe des Sees Genezareth 47 m, des Toten Meeres an der tiefsten Stelle 399 m) unter dem Meeresspiegel liegt, würden in Seen leicht verwandelt werden. Auch Holland und Seeland wären ohne die menschliche Arbeit leicht dem Meere verfallen.

Sonst sind noch als Depressionen bekannt eine Zahl Oasen, Siwa bis Sittrah, El Fayum und die Assal-Salzebene (— 30 m) am Assalsee am Arabischen Meerbusen, sowie das Death Valley (— 33 m) in Arizona.

Aus der gegebenen kurzen Skizze geht die große Mannigfaltigkeit und Verbreitung der Seen unmittelbar hervor. Sie bieten in der That ein Bild

[1]) Notizen über das Binnenmeer. Dasselbe würde 350 km Länge, 60 km Breite und 350 Quadratmeilen Oberfläche (20000 qkm) haben bei einer Tiefe von 2 bis 40 m.

[2]) Vielleicht ließe sich diese vom Fort Yuma aus durch Abzweigung des Colorado leicht anfüllen, so daß ein natürlicher Stausee entstände und dadurch für Südkalifornien ein besseres Klima geschaffen würde.

für die geologischen Vorgänge der Jetztzeit, und da es in unseren kultivierten Ländern kaum eine Gegend geben dürfte, wo nicht natürliche oder künstliche Seen anzutreffen wären, wo nicht Teiche und Tümpel und Weiher vorkämen, haben wir in der That überall Gelegenheit, die Entstehung geologischer Bildungen zu beobachten. Organogene Bildungen an den Rändern, Delta- und offene Mündungen bei einströmenden Wasserläufen, Sedimentbildungen am Boden, Ebbe und Flut bei größeren Seen, Verschwinden und Austrocknen älterer Seen, Auflösung eines Sees oder Flußlaufes zur Seenkette, — dies alles sind leicht zu beobachtende Erscheinungen.

Anhang zum Abschnitt Seen.

1. Niveauschwankungen der Seen (Ebbe und Flut — Seiches).

Die Niveauschwankungen, welche hier in Betracht kommen, sind regelmäßiger Natur, entweder **Ebbe und Flut** oder **Seiches (Balancierwellen)**.

Über **Ebbe und Flut** liegen zunächst von einigen großen Meeresbecken Nachrichten vor, aber Serien von Beobachtungen, um eine Ebbe- und Fluttheorie wie bei den Oceanen zu begründen, sind nicht ausreichend vorhanden. Diese Bewegungen wirken umändernd auf die Ufer der Seen ein und können dort Terrassen, Strandlinien u. s. w., hervorbringen, wie sie auch bei vielen Seen bei dauernden Niveauveränderungen beobachtet sind. So wird über Ebbe und Flut von den großen Seen Nordamerikas, wie beim Oberen See (der ungefähr die Größe Bayerns hat), Michigan- und Huronsee, berichtet. Wenn hier eine solche Flutbewegung selbständig entstehen kann, so ist dies bei Seen, die in der Nachbarschaft des Meeres liegen, offenbar dadurch der Fall, daß sie durch unterirdische Kanäle mit dem Meere in Verbindung stehen. So ist dies wohl bei dem See **Selawik** in Alaska der Fall: am Grunde des Sees ist Salzwasser, auf der Oberfläche Süßwasser, das durch Süßwasserquellen höherer Temperatur im See gespeist werden soll; sicher ist dies bei dem See der Insel Kildie, nahe der Küste des europäischen Rußlands (Lapplands). Er zeigt schwache Ebbe- und Flutbewegung (im benachbarten Meer 4 m) und drei Arten Wasser: Süßwasser an der Oberfläche, dann Meerwasser, und auf dem Boden Seewasser, das etwas Schwefelwasserstoff, der aus dem Schlamm des Seebodens empordringt, enthält und kein Tierleben beherbergt, während die beiden anderen Schichten eine ihnen angepaßte Fauna (Seesterne, Meeresschnecken — Daphniden) enthalten.

Eine ganz besondere Erscheinung bieten die Ebbungen und Flutungen in den mittleren und größeren Seen dar. Diese sind zunächst nicht zu verwechseln mit den Niveauveränderungen des Seespiegels. Solche können herbeigeführt werden dadurch, daß vermehrter Zufluß stattfindet und überwiegt, oder dadurch, daß bei geringerem Zufluß der Seespiegel sich senkt; bei den meisten Seen sind beide Niveaubewegungen unregelmäßig und leicht verständlich. Treten doch bei unseren norddeutschen Seen in Pommern u. s. w. diese Bewegungen deutlich hervor, so daß man temporäre Strandlinien beobachten kann, da die Niveauhöhe des Sees selbst bei kurzem Andauern schon Spuren ihrer Wirkung an den Ufern hinterläßt.

Eine eigentümliche Flutbewegung, die den Binnenlandseen eigentümlich ist, sind die „Seiches". In den Schweizer Seen (Genfer, Boden-, Neuenburger See u. a.), im Wener-, Wettersee in Schweden, in den norwegischen Seen, bei dem Georgsee in Australien u. a. m., übrigens an fast allen Seen, wo man genaue Beobachtungen nach dieser Richtung hin anstellte, bemerkt man ein Ansteigen des Wassers an dem einen Ende, während das Niveau an einer anderen Stelle sinkt; dabei kommt es vor, daß sich Knotenflächen bilden, das heißt das Seewasser im Niveau um eine oder zwei solche Flächen schwankt.

Man kann sich eine Vorstellung von der Entstehung solcher Wellen machen, wenn auf das Niveau einer Wasserfläche, zum Beispiel einer Wassermenge, die sich in einer längeren pneumatischen Wanne befindet, durch eine aufgelegte, zum Teil das Niveau bedeckende Holzplatte ein gleichmäßiger Druck ausgeübt wird. Beim Nachlassen tritt sofort ein Hin- und Herschwanken der ganzen Masse ein, — „Balancierwellen". Diese zeigen sich auch besonders schön, wenn die Wandung des Gefäßes nur wenig einmal hin und her verschoben wird; — die ganze Wassermasse gerät in schaukelnde Bewegung. Man hatte deshalb auch die „Seiches" anfänglich aus Erdbebenwellen erklärt, die das Seebecken in Erschütterung versetzen, hat diese Erklärung aber fallen lassen müssen, da die Seiches ganz unabhängig davon auftreten; zur Erklärung reichen die verschiedenen Druckdifferenzen über dem Seespiegel oder Stauungen durch Winddruck aus.

Am eingehendsten sind die Seicheserscheinungen am Genfer See studiert, und es ergab sich für diese Oscillationswellen eine Formel, die deutlich den Zusammenhang zwischen Länge der Welle und Tiefe des Seebeckens erkennen läßt. Die Amplitude der Wasserteilchen ist meist gering, die Schwingungsdauer sehr verschieden. Nach der erwähnten Formel wurde gefunden die Schwingungszeit $t = \frac{l}{\sqrt{g h}}$, wo l die Länge des Sees und h die Tiefe, g die Gravitationskonstante bedeutet. Bei den Schweizer Seen hat man sowohl longitudinale Seiches (in der Längsachse) als transversale beobachtet, und man kann nun, da die Beobachtungen die Formel vollständig bestätigen, das Gesetz aussprechen: die Dauer der Balancierwelle ist proportional der Länge der Seen und umgekehrt proportional der Quadratwurzel aus der mittleren Tiefe, sie nimmt also mit der Länge zu und ist bei der vierfachen Tiefe nur halb so groß als bei einem Seebecken mit einfacher Tiefe. Auch für die Tiefe des Seebeckens ergiebt sich eine solche Formel: $h = \frac{l^2}{g t^2}$, und für die Länge des Sees $l = t\sqrt{g h}$.

Zwei Zahlenbeispiele mögen zum Beleg angefügt werden:

Longitudinale Seiches	Länge der Seen	mittlere Tiefe	Dauer der Welle
im Neuchateler See	38 200 m	80 m	1364″
im Brienzer See	13 700 „	233 „	286,7″

Eine besondere nachweisbare geologische Wirkung vermögen die Seiches

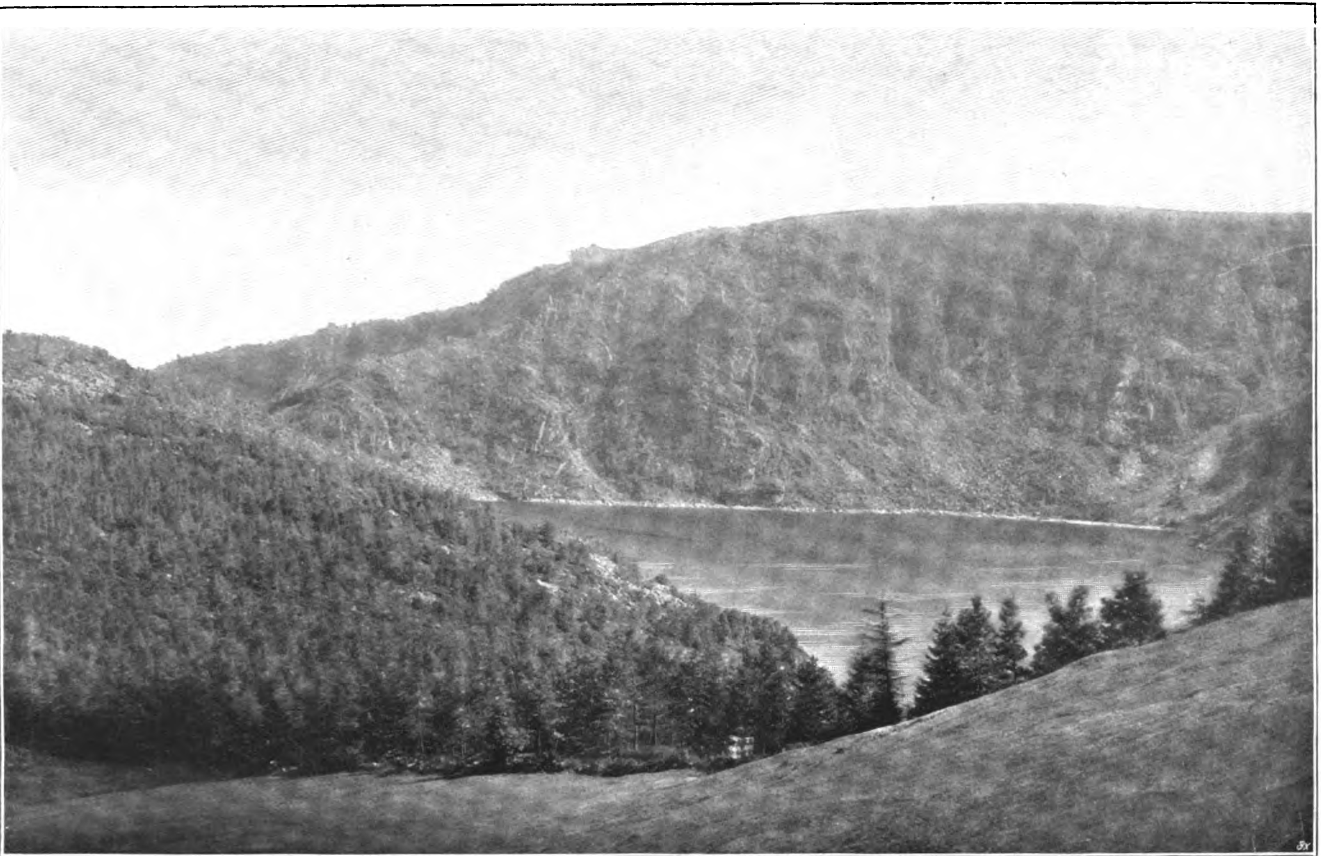


Fig. 263. **Der Weiße See** (Vogesen).
(Nach einer Original-Aufnahme von Dr. E. Mertens & Co., Berlin W. 62, Verlag von E. d'Oleire, Straßburg i. E.)

nicht auszuüben, sie müßte sich durch Veränderung bei gewissen Ufermarken zeigen, die am Flach- oder Steilstrande beobachtet würden.

Bei einigen Seen mit intermittierendem Sinken und Steigen der Wasserflächen hat man gewisse unabhängige Perioden feststellen wollen, so bei den Schwankungen der armenischen Seen. Namentlich wurden solche an dem Wansee und Urmiah beobachtet, bei denen der Wasserstand in der zweiten Hälfte des Jahrhunderts im Abnehmen war. Doch sind die Beobachtungen nicht sicher genug, um Endresultate zu ergeben, namentlich nicht, um die Frage zu lösen, wie weit Schnee und Gletscherverhältnisse mit diesen Schwankungen zusammenhängen. Maxima des Wasserstandes für die armenischen Seen fanden statt 1810, 1840 bis 1850, 1876 bis 1880; wie weit sich diese Perioden an den Uferbildungen kenntlich machen und welche Veränderungen etwa stattgefunden haben, wird nicht berichtet. Es ist so den geographisch-physikalischen Forschungen in der Limnologie noch ein großes Gebiet offen.

2. Cirkusseen.

Als Beispiel eines Cirkussees (vergl. S. 502, sie finden sich namentlich in den Pyrenäen und Alpen und lassen dort den Zusammenhang mit den Schnee- und Eisgebilden deutlich erkennen) sei in Fig. 263 die Abbildung des Weißen Sees in den Vogesen gegeben; nahe benachbart ist der Schwarze See, der dunkleren Farbe wegen so benannt.

Aber auch in anderen deutschen Gebirgen, die früher vergletschert waren, finden sich ähnliche Seen. Dieselben hängen mit den alten Gletschern und ihrer Ausdehnung zusammen und liegen an dem Abhange des höchsten und steilsten Gebirgsrückens oder Plateaus. Die Seen sind nach dem Gebirge von hohen steilen und schroffen Abstürzen eingeschlossen, nach der Ebene zu sind sie am Abhang des Gebirges von einem verhältnismäßig niedrigen Rücken begrenzt. Wenn die Gletscher sehr weit zurückgewichen sind, beginnt von Steilwänden aus die Abschmelzung, und die Erosion der Schmelzwässer und die Gletscherquellen gestalten diese Thäler aus.

Der Schwarzwald, der Böhmisch-Bayerische Wald und das Riesengebirge (großer und kleiner Teich), ebenso auch die Seen der hohen Tatra (Froschsee, Meerauge) und in der Schweiz der Murgsee u. s. w. zeigen diese charakteristische Form von Gebirgsseen in voller Ausprägung und Schönheit.

Die Erscheinungen an den Ufern der Seen führen unmittelbar hinüber zu denen des folgenden Abschnitts, zu den geologischen oder geodynamischen Wirkungen der Meere. Freilich sind uns die geologischen Wirkungen des Meeres direkt nur an den Küsten zugänglich, bei den Sedimenten des Meeresgrundes kennen wir nur die Beschaffenheit und das Endresultat und auch diese nur an wenigen Stellen der Erde. Ob Änderungen der Meerestiefen, des Meeresgrundes und seiner Beschaffenheit stattfinden, ist nur nach viel umfassenderer specieller Arbeit zu ermitteln, die schließlich, wie alle Erforschungsarbeiten auf Einzelgebieten in internationalen Unternehmungen zusammengefaßt

werden müssen. Auch in der Oceanographie wird einiges der Orogenie vorbehalten bleiben müssen; die folgende kurze Skizze soll die allgemeinen Verhältnisse angeknüpft an besondere einzelne Beispiele geben.

5. Meere.

Zu den früher erwähnten Momenten der Wasserwirkungen treten bei den Wirkungen der Meere die regelmäßigen Bewegungen von Ebbe und Flut (Gezeiten, vgl. Astronomie), die Meeresströmungen und vor allem die Wellenbewegung hinzu. Die hierdurch hervorgebrachten Wirkungen äußern sich lediglich am Küstensaume, weil die erwähnten Bewegungen des Wassers nur da den Meeresboden erreichen, wo die Meerestiefe verhältnismäßig gering ist (s. S. 530). Am sinnfälligsten ist die Wirkung der Wellen, namentlich der Brandungswellen (s. S. 519); diese rufen eine ganze Reihe eigentümlicher Umänderungen der Küste hervor, die vornehmlich in einer Abtragung des Küstenmaterials, also in einer Zerstörung der Küste bestehen. Andererseits werden auch durch die allmählich heranrollenden und sich dann wieder zurückziehenden Wellen Geröll und Sand herangespült, an der Meeresoberfläche schwimmende Gegenstände an das Ufer geworfen u. dgl. mehr, so daß an jeder Küste beständig Veranlassung zu Beobachtungen über die geologische Thätigkeit des Meeres gegeben wird.

Bei den Küsten treten fast noch mehr Verschiedenheiten hervor wie bei den Flußufern und Seebecken, und ihre Beschaffenheit ist außerdem von dem größeren Einfluß auf die kulturelle Entwickelung des Binnenlandes. Hängt doch von ihr wesentlich die Zugänglichkeit eines Landes, sowie die Entwickelungsfähigkeit von Schiffahrt und Handel ab. Die Einteilung der Küsten nach der Physiognomik ist Aufgabe der physikalischen Geographie; sie kann auch dem speciellen Teile der Oceanographie angeschlossen werden. Hier mag nur ein kurzer Überblick über Küstenbenennungen folgen, weil diese oft auf die Küstenbeschaffenheit schließen läßt; sodann mögen noch einige besondere Bemerkungen hinzugefügt werden, ähnlich wie es bei den Seen geschehen ist.

Küstenbildungen.

a) Steil- und Flachküsten.

Die Grenzlinien zwischen der Oberfläche des Meeres und den Küsten, d. h. den bald sanfter, bald steiler geneigten Böschungen der Landoberfläche gegen das Meer, nennt man Küstenlinien; ihr horizontaler Verlauf bildet seit den ältesten Zeiten den Gegenstand der bildlichen Darstellung auf den Landkarten. Nach ihrer vertikalen Gliederung, die für das Ergebnis der Meeresthätigkeit in erster Linie maßgebend ist, hat man Steilküsten und Flachküsten unterschieden, je nachdem der Böschungswinkel einen größeren oder kleineren Wert besitzt. Richtiger ist es, bei dieser Einteilung nicht nur die Größe des Böschungswinkels, sondern auch die Art zu berücksichtigen, wie sich das Land unterhalb des Meeresspiegels fortsetzt. Bei der Flachküste senkt sich die Küstenniederung stetig unter den Wasserspiegel, bei den Steilküsten steigt das



Fig. 264. Stubbenkammer, Königsstuhl auf Rügen.
(Nach einer Aufnahme der Photoglob Co. in Zürich.)

Land in steilen, bisweilen nahezu senkrechten Klippen aus dem Meere empor und fällt unter dem Meeresniveau mit demselben Grade der Neigung ab. Vielfach fallen beide Einteilungen zusammen. Norwegen besitzt nach beiden Definitionen eine Steilküste, die deutsche Nordseeküste an der Weser- und Emsmündung ist nach beiden eine Flachküste. Die deutschen Küsten der Ostsee sind (bei sehr geringer Wassertiefe) flach und nur da steil, wo von dem Lande infolge von Zertrümmerung der Gesteinsteile Felsen stehen geblieben sind (Stubbenkammer auf Rügen, s. hierneben Fig. 264).

Die Übergangszone der Küste von dem oberhalb des Meeresniveaus gelegenen Festlande zu dem Meeresboden bezeichnen wir als Küstensaum oder Küstenrand; auf ihm äußert sich die Wirkung des Meeres und ihm verleiht sie seine wechselvolle Gestalt. Auch wenn er aus hartem Gestein besteht, werden Bruchstücke losgerissen, Felswände werden unterhöhlt, die oberen Schichten stürzen nach, die Blöcke werden abgerundet und schließlich zertrümmert. Überall bleiben die festen Stellen zurück, und dadurch können die sonderbarsten Felsbildungen, Thore, Hörner, Nadeln, Höhlen, Küsteninseln entstehen (Beispiele: Schottland, Irland, westliches Nordamerika, Helgoland). Diejenigen Küsten, an denen das Meer in heftigster Bewegung ist, werden auch der Zerstörung am meisten ausgesetzt sein (Wetterseite). An einer gleichmäßig festen Steilküste wird sich (wie auch im vorigen Falle) ein Schutzwall von Felsblöcken und ein sandiger Küstensaum bilden (West-Mexiko). Bei flachen Felsenküsten werden kleine Inseln entstehen (Scheeren oder Skären in Schweden, vgl. S. 524). Bei Flachküsten mit wenig widerstandsfähigem Material wird durch die stets abspülende Kraft des Meeres das lockere Material losgerissen und von dem noch wenig hervorragenden Lande nach dem offenen Meere zu geschwemmt, so daß zur Ebbezeit, da die Küste sehr allmählich ansteigt, der Meeresboden stundenweit bloßgelegt wird und bei bedeutenden Fluten und Stürmen ganze Länderstrecken vom Meere bedeckt werden können. So wurde in den Jahren 1823 und 1824 die Küste in Norfolk und Suffolk um 16 englische Meilen landeinwärts verschoben. In ähnlicher Weise entstanden die Halligen, die Watten und die friesischen Inseln (s. Tafel V bei S. 437), und in den Jahren 1277 und 1287 unter Mitwirkung der Ems der Dollart. Der Zuydersee war zur Römerzeit ein Binnensee (Flevo Lacus), der durch einen oder mehrere Flußarme mit dem offenen Meere in Verbindung stand. Seine jetzige Ausdehnung erlangte er im 13. Jahrhundert. Gegenwärtig denkt man daran, ihn wieder auszufüllen, wodurch eine Landfläche von 2000 qkm, die also dem Flächeninhalt des Herzogtums Meiningen nahezu gleich kommt, gewonnen werden würde. An diesen Umgestaltungen der deutschen Nordseeküste, die in historischer Zeit stattfanden, haben die Sturmfluten wesentlich mitgewirkt; ihnen ist auch die Ostseeküste ausgesetzt, und sie erklären zum Teil die großen Veränderungen, die an den deutschen Meeresküsten stattgefunden haben.

Die mechanischen Leistungen der Brandungswellen sind ganz bedeutend. Dynamometrische Messungen haben ergeben, daß z. B. am Bristolkanal der horizontale Druck der Wellen 137 kg, der vertikale aber 11 500 kg auf das Quadratmeter betragen kann, und an der nordschottischen Küste erreicht er

bei sehr starken Stürmen nahezu den dreifachen Wert. Die Wirkung macht sich aber nicht überall in gleich starkem Maße geltend. Zunächst ist dieselbe sehr verschieden nach der Beschaffenheit des Gesteins, aus dem der Küstensaum besteht. Lockere Aufschüttungen, wie sie durch die Thätigkeit von Vulkanen entstehen, unterliegen sehr schnell der zerstörenden Wirkung der Meereswellen, ebenso der sandige Boden vieler Inseln. Die Sandinsel östlich von Neuschottland besaß i. J. 1776 eine Länge von 55,5 km und eine Breite von 3,7 km; i. J. 1890 waren diese Dimensionen auf 40,7 und 1,85 km verkleinert. Besteht der Küstensaum aus geschichtetem Gestein, so ist die Art, wie die Schichten einfallen, von hoher Bedeutung für die Geschwindigkeit, mit der die Zerstörung stattfindet. Fallen die Schichten nach dem Meere zu, so rollen die Wellen auf den geneigten Schichtflächen auf- und abwärts und büßen schon durch die zu überwindende Reibung den größten Teil ihrer Kraft ein. Auch an Flachküsten übt das Meer unter gewöhnlichen Verhältnissen aus demselben Grunde nur eine geringe erodierende Wirkung aus. Fallen die Schichten dagegen landeinwärts, so bieten die dem Meere zugewendeten Schichtenköpfe der Brandung eine vortreffliche Angriffsfläche, und es sind dann die Bedingungen für eine Unterwaschung gegeben. Infolge derselben bildet sich zunächst eine gegen das Land vorspringende konkave Fläche, ähnlich wie in Fig. 265, die dann so umfangreich wird, daß entweder vollständige Strandhöhlen oder Grotten (blaue Grotte auf Capri) entstehen, oder daß die darüber liegenden Massen ihrer Unterlage beraubt werden und, indem sie herabstürzen, die Entstehung einer senkrecht aufsteigenden Steilküste veranlassen. Derartige Ausnagungen können auch bei horizontal verlaufenden Schichten stattfinden (Fig. 266), besonders dann, wenn der Küstenrand in der Zone, in der sich die Wirkung der Wellen am kräftigsten äußert, aus einem weniger widerstandsfähigen Gestein *(b)* besteht, welches von einem widerstandsfähigeren *(a)* überlagert ist.

Fig. 265.

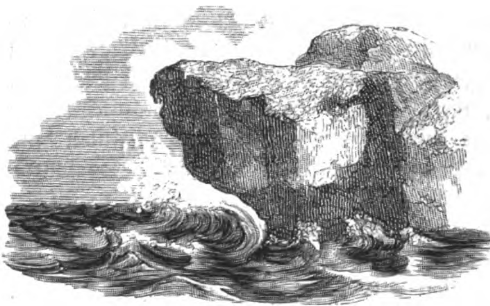


Fig. 266.

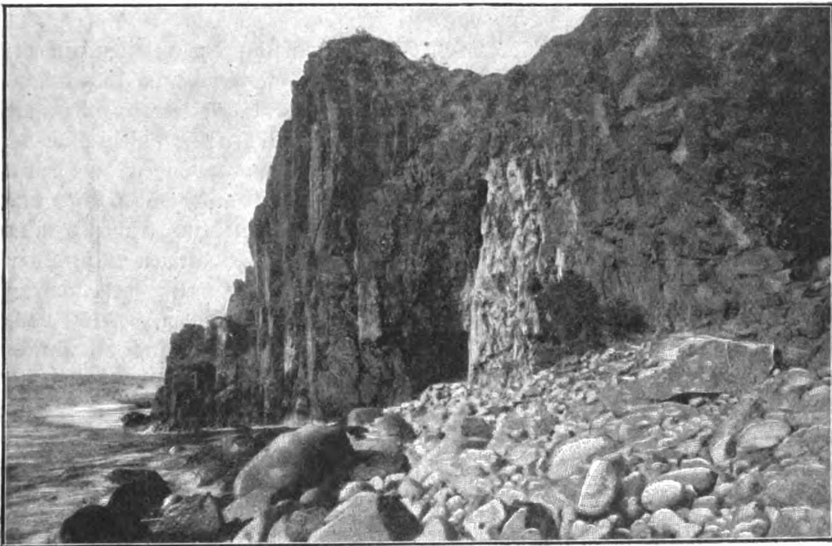


a Sandsteinschichten, *b* weiche Thonschichten, *c* herabgestürzte Sandsteinblöcke, *d* das Meer.

Auch harte Gesteine fallen der zerstörenden Wirkung des Meerwassers nach kurzer Zeit anheim, wenn sie zerklüftet und von zahlreichen Spalten durchsetzt sind. Diese arbeiten dem Angriff des Meeres vor und begünstigen in vortrefflicher Weise die Unterspülung. Ein gutes Beispiel bietet der nordwestliche Teil

von Bornholm, von dessen Steilküste die nachstehende Abbildung (Fig. 267) eine Vorstellung geben soll. Der größere Teil dieser Insel ($^2/_3$ der Gesamtoberfläche) wird von einem fast ausschließlich aus gneisartigem Granit bestehenden Massiv gebildet, dem nur im Süden und Südwesten paläozoische und mesozoische Ablagerungen vorgelagert sind. Dieser Granit zeigt nun in großartigem Maße eine Zerklüftung, welche im Innern der Insel zu Thalbildungen führt, am Meeresstrande aber zur Entstehung von Höhlen Veranlassung giebt, die sich gegen das Meer hin öffnen, und die auf Bornholm trockene oder nasse Öfen genannt werden. Der Boden der letzteren liegt unter dem Meeresspiegel, so daß ein Besuch derselben nur im Boote stattfinden kann, wobei sich in den Höhlen vortreffliche Gelegenheit bietet, die Wirkung der Brandung zu untersuchen.

Fig. 267.



Johns Kapel auf Bornholm.
(Nach „Bornholmske Prospekter", Verl. von Fr. Sörensen in Rönne.)

Daß diese landeinwärts gerichtete zernagende Thätigkeit der Meereswellen zur Entstehung eines den Küstenrand umgebenden Schutzwalles führen kann, wurde schon angedeutet (S. 519). Da nämlich die Thätigkeit der Wellen auf eine verhältnismäßig nicht sehr tiefe Wasserschicht beschränkt ist, so bildet sich unterhalb der Oberfläche ein an Größe allmählich zunehmendes, horizontales oder doch nur wenig ansteigendes Plateau (Küstenplattform oder -terrasse, S. 436). Auf diesem bleiben die Felsblöcke liegen, welche sich infolge weiterer Unterwaschungen loslösen und heben nunmehr die Kraft der Brandung nahezu oder ganz auf, da diese zum Herumwälzen und Zerkleinern der Trümmer verbraucht wird. Außerdem verlieren die Wellen einen großen Teil ihrer Bewegungsenergie, während sie auf der Plattform emporrollen,

und es ist klar, daß auf diese Weise schließlich ein vollständiger Stillstand in der zerstörenden Wirkung des Meeres eintreten muß, wenn die Küstenlinie ihre horizontale Lage beibehält. Ist dies nicht der Fall, so erreicht freilich die Erosion keinen Stillstand; denn wenn sich die Küste langsam hebt, so wird die neue Küstenterrasse in dem Maße, wie sie sich der Meeresoberfläche nähert, immer wieder zerstört; senkt sich dagegen die Küste, so verschwindet die schützende Küstenplattform und damit das Hindernis für das Vordringen des Meeres in das Innere des Landes. Namentlich im letzteren Falle, bei einer sogen. positiven Niveauänderung scheint in früheren Perioden der Erdentwickelung die abtragende Wirkung der Brandungswelle sehr umfangreiche Änderungen des Bodenreliefs hervorgebracht zu haben, und F. v. Richthofen, der diese Wirkung als Abrasion bezeichnet hat, ist der Ansicht, daß keine andere, von außen auf die Erdoberfläche wirkende Kraft in gleichem Maße wie diese die Unebenheiten, auch die der größten Gebirge, abgetragen und die Trümmer in die Tiefsee entführt hat.

Gegenüber der Thätigkeit der Wellen ist die Wirkung der Gezeiten und der Meeresströmungen von untergeordnetem Einfluß auf die Gestaltung des Küstensaumes. Die durch den Flutwechsel bewirkten Strömungen können allerdings die Wirkungen der Wellen ganz außerordentlich unterstützen; sie äußern sich besonders in engen Meeresteilen, in Buchten und Flußmündungen, in denen das Wasser durch die Flutströmung bis auf den Boden aufgewühlt wird und rasch durch die erodierende Thätigkeit der Gezeitenströme eine trichterförmige Gestalt erhalten. Die Fundy-Bai wird durch die gewaltigen Flutwellen mehr und mehr vertieft, so daß die schmale Landenge, welche gegenwärtig noch die Halbinsel Neu-Schottland mit dem Festlande verbindet, dereinst vollständig verschwinden wird, und es ist sehr wahrscheinlich, daß auch die Durchbrechung der Kreidefelsen zwischen Dover und Calais, sowie die Ablösung der Insel Wight vornehmlich durch die Gezeitenströme hervorgebracht sind.

Die Wirkung der Strömungen besteht vorzugsweise in einem Transport des durch die Brandungswellen losgelösten Materials, wodurch die von diesen erzeugten Buchten ausgeräumt werden. Für diesen Transport kommen Teile der großen Meeresströmungen, und mithin lokale Küstenströme in Betracht, welche das Material auf weite Strecken fortführen und, indem sie es dann wieder ablagern, die sogen. Küstenversetzungen bewirken. So werden die Trümmer der Nordküste von Spanien von dem Flutstrom bis zur Küste der Gascogne fortgeführt und dort abgelagert, und ebenso können Sedimente von Flüssen durch die Meeresströmungen erfaßt und mehr oder weniger weit transportiert werden. Die Nehrungen (S. 487) verdanken derartigem Material ihre Entstehung.

So ist die Entstehung des Küstensaumes das Ergebnis der Wirkung von Faktoren, mittels deren wir überhaupt das Zustandekommen der Abweichungen erklären, die die Erde von ihrer theoretischen Gestaltungsfläche, dem Geoïd, zeigt. Meeresströmungen und Winde in ihrer wechselnden Richtung und Stärke, Festigkeit, Struktur und Aufbau der Gesteine, endlich Hebung und Senkung des Landes stehen hierbei in erster Linie; zu ihnen gesellen sich die transportierenden Wassermassen der Flüsse an deren Mündungen, die im

Zu Seite 523.

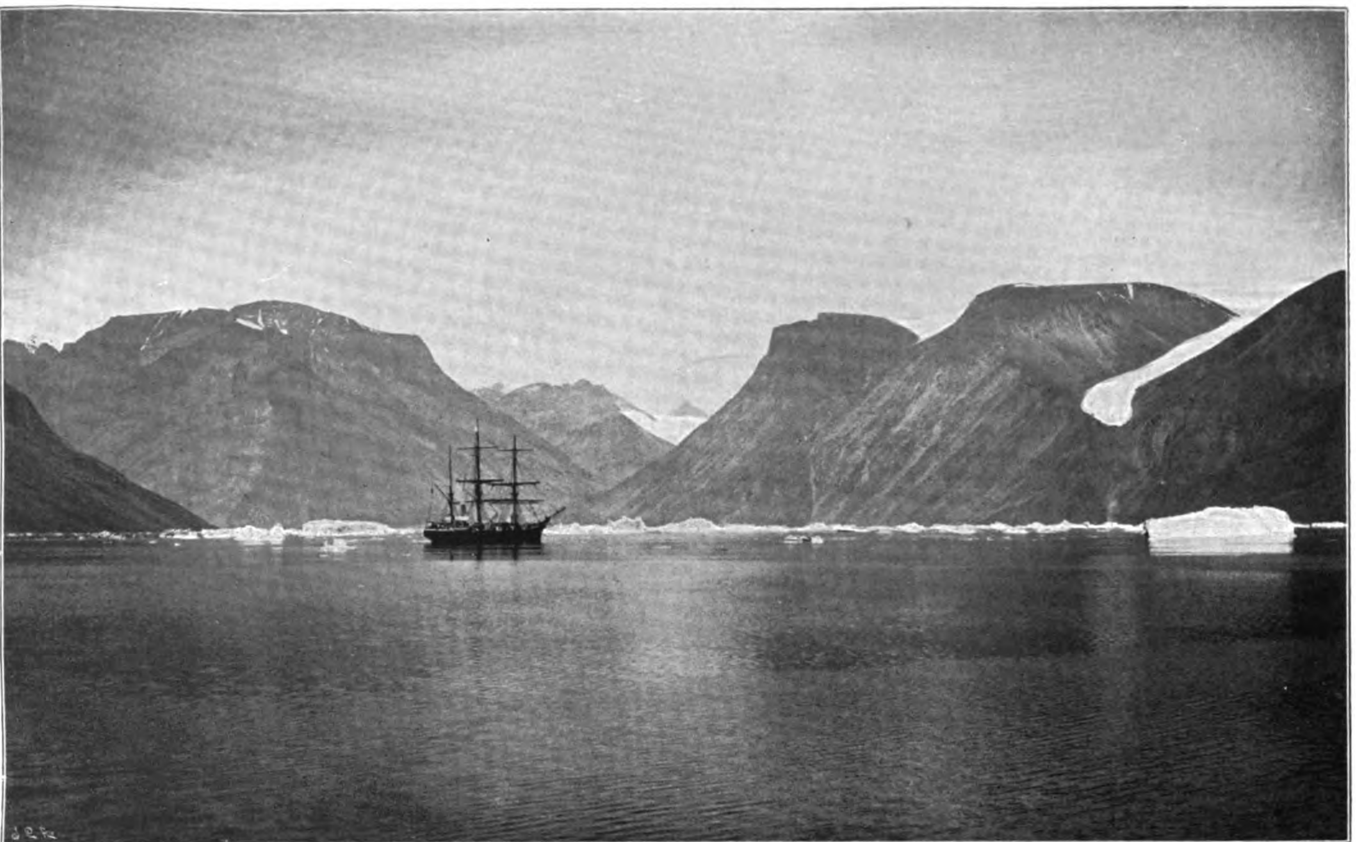


Fig. 268. **Kaiser Franz-Joseph-Fjord, Ostgrönland.**
(Nach einer Photographie von P. Dusén bei der Expedition der „Antarctic" 1899.)

Meerwasser gelösten festen und gasförmigen Bestandteile, namentlich Kochsalz, sowie Sauerstoff und Kohlensäure (die im Wasser gelöste Luft ist relativ reicher an diesen beiden Gasen als die Atmosphäre), endlich die Organismen (Bohrmuscheln, Schwämme, Tange), welche die zerstörende Wirkung der Wellen vorbereiten.

β) Kliff- und Steigküsten.

Der Einteilung der Küsten in Steil- und Flachküsten wurde bereits gedacht (S. 518). Außer diesen beiden Formen unterscheidet man noch zwei andere. Bei der Kliffküste steigt der Küstenrand zwar ebenso wie bei der Steilküste mit großem Böschungswinkel aus dem Meere empor, ihr ist jedoch eine nur allmählich sich senkende Strandterrasse vorgelagert, über deren Entstehung S. 521 gesprochen wurde. Beispiele sind die Kreideküsten von Dover und von Rügen (Stubbenkammer). Bei der ansteigenden Küste (Steigküste) hebt sich das Land unter deutlichem Winkel von der allmählich unter dem Meeresspiegel sich senkenden Strandebene ab. Ist die Steilküste in ihrem Längsverlauf mit zahlreichen schmalen, mehr oder weniger tief in das Land eindringenden Buchten versehen, so wird dadurch die Bildung von vortrefflichen Naturhäfen begünstigt. Derartige Küsten besitzen England im Süden und Westen (Falmouth, Plymouth, Southampton, Portsmouth), Frankreich an der Bretagne (Lorient, Brest), Spanien im Norden (Ferrol), ferner die Vereinigten Staaten im Osten vom St. Lorenz-Busen bis zum Kap Hatteras, Süd- und Nordamerika im Westen, Australien im Südosten und Vorderindien im Südwesten (Malabarküste). Langgedehnte, schmale, reich verästelte Buchten, welche mit senkrechten Wänden tief in das Land einschneiden und meist in größeren Gruppen auftreten, werden als Fjorde bezeichnet (Fig. 268).. Sie finden sich in typischer Ausbildung an der Westküste von Norwegen, kommen jedoch ebenso an den Küsten von Irland, Schottland (dort Firth genannt), Island, Grönland, Labrador, sowie an der Küste von Britisch-Columbia und Alaska vor. Auf der südlichen Halbkugel begegnen wir ihnen an der Westküste von Südamerika von der Küste von Chile bis zum Kap Horn (die Magalhaensstraße ist durch die Vereinigung zweier von entgegengesetzten Seiten in das Land eindringenden Fjords entstanden) und an der Südwestküste von Neuseeland. Ihr Vorkommen ist sonach in beiden Hemisphären auf die höheren Breiten beschränkt. Die Fjorde zeichnen sich durch eine beträchtliche Tiefe aus; ihr Boden ist in mehrere Becken geteilt, die durch Anschwellungen voneinander getrennt sind, und insbesondere ist die Ausgangsstelle der Fjorde durch eine solche Schwelle verschlossen. Sie sind als untergetauchte Thäler zu betrachten, welche wahrscheinlich durch die gemeinsame Thätigkeit von fließendem Wasser und von Gletschern ausgestaltet worden sind.

Lagern vor den Steilküsten größere oder kleinere Felsmassen, die aus dem Meere zu bedeutender Höhe hervorragen können oder auch zur Zeit des Hochwassers ganz oder zum größten Teile vom Wasser bedeckt sind, so entstehen Klippenküsten, die namentlich in Dalmatien, Irland und Nordschottland vorzüglich ausgebildet sind. In Schweden und Finnland heißen

die mit zahlreichen kleineren Inseln gemischten Klippen Skären oder Scheeren (Fig. 269).

Die Flachküsten sind in der Regel buchtenarm und verlaufen in schwach gekrümmten, gegen das Meer hin geöffneten Linien, deren aneinander grenzende Stücke stumpfe Winkel miteinander bilden. Da das feste Land sich nur allmählich unter den Meeresspiegel senkt, so wird in Meeren, welche dem Wechsel der Gezeiten unterworfen sind, zur Ebbezeit eine um so breitere Zone des festen Landes, der Strand, bloßgelegt, je sanfter die Neigung ist. Landeinwärts wird der Strand häufig von Dünenketten begleitet (Dünenküste), die nicht selten in mehreren Parallelzügen hintereinander liegen und sich bis zu 90 m erheben können. Der Meeresboden ist oft bis auf weite Entfernungen vom Lande seicht und reich an Sandbänken, an denen sich die Brandung bricht und die dadurch für die Schiffahrt außerordentlich gefährlich werden. Ein Beispiel für eine derartige Dünenküste ist die als eiserne Küste bezeichnete Westküste von Jütland, der eine drei- bis vierfache Reihe von Sandbänken vorgelagert ist, und in der sich auf eine Entfernung von 400 km weder ein Hafen, noch eine nennenswerte menschliche Ansiedelung findet; und noch weit ausgedehnter ist die Dünenküste, welche sich von der Westküste von Nordafrika von der Mündung des Senegal an bis zur Grenze von Marokko in einer Länge von mehr als 1000 km erstreckt. Wird eine solche Dünenkette durch Sturmfluten durchbrochen, so kann der dahinter liegende Boden zur Flutzeit vom Meere bedeckt werden, während er zur Ebbezeit, nachdem das Wasser durch tief eingefurchte Rinnen abgeflossen ist, trocken liegt und die Watten bildet. Eine derartige Wattenküste begleitet die Ufer der deutschen Nordsee; die friesischen Inseln sind die Reste des vom Meere durchbrochenen Dünenzuges, der sich vom Zuydersee bis zur Mündung der Königsau erstreckt und, obwohl vielfach unterbrochen, nur vor der Elb- und Wesermündung vollständig aussetzt. Die von dem Meere zur Flutzeit mitgeführten Sinkstoffe lagern sich als fruchtbarer Schlamm (Schlick) hinter der schützenden Dünenkette ab und erhöhen den Boden allmählich, so daß einzelne Pflanzen sich auf ihm ansiedeln können, die dann den Zusammenhalt vergrößern und weitere Ablagerungen begünstigen, bis schließlich die Flut selbst das neu entstandene Land nicht mehr bedeckt. Durch Deiche wird er dann gegen die zerstörende Wirkung des Meeres geschützt und bietet im Polder oder Koog fruchtbaren Boden dar. In ähnlicher Weise hat sich früher, als die Nordsee, durch einen schmalen Isthmus zwischen Dover und Calais geschlossen, noch einen ruhigen Meerbusen bildete, die reiche Weide- und Fruchtlandschaft der Marschen gebildet. Als dann jener Isthmus durchbrochen wurde und die Wogen des Atlantischen Oceans hereinbrachen, wurden sie zum Teil wieder zerstört, bis die Friesen bereits im frühen Mittelalter durch Deichbauten der weiteren Vernichtung Einhalt zu bieten und dem Meere sogar neues Land abzuringen wußten. Auch die oben erwähnte Trockenlegung des Zuydersees soll in ähnlicher Weise erfolgen, indem man zunächst mittels Buschfaschinen einen flachen von der Insel Wieringen nach dem gegenüber liegenden Festlande führenden Deich anlegt. Durch das darüber strömende Wasser verschlickt das Flechtwerk schnell, so daß man bald eine neue Lage auftragen

Zu Seite 524.



Fig. 269. **Skärenbildung auf Ertholmene.**
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

kann. Ist der Deich dann so hoch geworden, daß die hinter ihm liegende Wasserfläche sturmflutfrei ist, so teilt man sie in einzelne Polder, die durch Auspumpen wasserfrei werden.

Anhang zum Abschnitt Meere.

Besondere Erscheinungen.

α) Farbe des Meerwassers.

Nachdem im Vorstehenden die Wirkungen des Meeres geschildert wurden, mögen noch einige besondere Erscheinungen, die das Meerwasser darbietet, kurze Berücksichtigung finden. Die Farbe des Meerwassers hängt auf das engste mit seiner Durchsichtigkeit zusammen: je größer diese ist, um so mehr erscheint das Meerwasser blau gefärbt. An den äußerst feinen Staubteilchen, die im Meerwasser suspendiert sind, wird nämlich das weiße Sonnenlicht reflektiert, jedoch so, daß die Reflexion der kürzeren Lichtwellen viel vollkommener ist als die der längeren. Daher werden ungefähr zehnmal so viel blaue als rote Lichtstrahlen reflektiert. Ferner absorbiert das Meerwasser die Strahlen des Spektrums nicht gleichmäßig, sondern vornehmlich die roten und gelben Strahlen, so daß bereits ein mehr oder weniger blau gefärbtes Licht der Reflexion unterliegt. Sind mithin im Meerwasser nur feine Staubteilchen vorhanden, so summieren sich die erwähnten beiden Wirkungen, und das Wasser erscheint blau. Enthält es jedoch größere Mengen fester Substanzen, so erfolgt die Reflexion des Sonnenlichtes, noch ehe durch die absorbierende Wirkung des Wassers ein größerer Teil der roten und namentlich der gelben Strahlen entfernt ist, und deshalb erscheint das Wasser nunmehr grün und zwar um so mehr, als die Reflexion an den gröberen Stoffteilchen nicht mehr die blauen Strahlen in gleich auffallender Weise vor den weniger brechbaren begünstigt. An den Meeresküsten herrscht deshalb das Grün mehr vor als das Blau; ebenso ist das Wasser der flachen Ostsee und dasjenige der kälteren polaren Gewässer, in denen die Sedimentierung langsamer stattfindet, grün gefärbt. Die örtlich und zeitweise auftretenden Mißfärbungen des Meerwassers rühren davon her, daß in der oberen Meeresschicht massenhaft kleinere Lebewesen (Plankton, S. 194) auftreten: Quallen rufen gelbliche, Salpen grünliche, gewisse Krebsarten blutrote Stellen hervor; olivengrüne Streifen in den Meeren an der Ostküste Grönlands haben ihre Ursache vielleicht in dem Auftreten von Diatomeenschwärmen. Die Meere, deren Eigenname von einer Farbe hergenommen ist, zeigen nur in einzelnen Fällen thatsächlich diese Färbung, wie das Gelbe Meer, dessen Wasser von dem durch die Flüsse (Hoangho) mitgeführten Lößschlamm gelb gefärbt ist.

β) Zusammensetzung des Meerwassers.

Hinsichtlich seiner Zusammensetzung zeichnet sich das Meerwasser vor dem sogen. süßen Wasser durch seinen höheren Gehalt an gelösten Stoffen aus. Der Gesamtsalzgehalt ist an der Oberfläche des offenen Meeres (entfernt von

den Küsten und abgesehen von den Binnenmeeren) nahezu konstant: er beträgt etwa 3,5 Proz. Der größte Teil dieser Salze besteht aus Chloriden (etwa 90 Proz.), in zweiter Reihe aus Sulfaten (etwa 10 Proz.), während Karbonate nur in ganz verschwindender Menge vorkommen. Im Meerwasser treten mithin gerade diejenigen Salze an Menge bedeutend zurück, welche im Flußwasser überwiegen und umgekehrt, so daß der Schluß gerechtfertigt erscheint, daß die Beschaffenheit und die Menge der Salze des heutigen Oceanwassers nicht von dem Wasser der jetzigen Flüsse herrühren kann. Unter den Chloriden überwiegt bei weitem das Natriumchlorid (78 Proz.), es macht also 2,5 Proz. vom Gewichte des Meerwassers aus, so daß dieses in den Salzgärten zur Salzgewinnung benutzt werden kann (s. auch Chemie, S. 208 und 211); dann folgt das Magnesiumchlorid (etwa 10 Proz.), geringer sind die Mengen an Kaliumchlorid. Das Calcium findet sich im Meerwasser fast ausschließlich als Sulfat (4 Proz.), auch das Magnesium kommt als Sulfat vor (6 Proz.). Dem Natriumchlorid verdankt das Meerwasser seinen salzigen, den Magnesiumverbindungen seinen bitteren Geschmack. In sehr geringen Mengen finden sich auch Verbindungen anderer Elemente, unter denen die Jod- und Bromverbindungen am wichtigsten sind. Im ganzen hat man bis jetzt 32 Grundstoffe im Meerwasser nachgewiesen. Näheres über die durchschnittliche Zusammensetzung ist aus der nachstehenden Tabelle zu ersehen.

Analyse von Meerwasser

(spec. Gew. 1,024—1,028).

10000 Teile Wasser enthalten:

	Stiller Ocean	Atlantischer Ocean
Natriumchlorid	258,85	264,42
Natriumbromid	3,07	3,36
Magnesiumchlorid	48,84	21,8
Calciumsulfat	16,22	15,57
Magnesiumsulfat	11,17	5,84
Kaliumsulfat	13,59	14,99

Von Gasen enthält das Meerwasser zunächst die beiden Bestandteile der Luft, sodann Kohlendioxyd. Wie beim süßen Wasser ist auch beim Meerwasser das gegenseitige Verhältnis von Sauerstoff und Stickstoff zu gunsten des ersteren Elementes verschoben: die Volumina der gelösten Gase verhalten sich nahezu wie 1:2, während in der Luft das Verhältnis bekanntlich annähernd 1:4 ist. In der Tiefe, namentlich zwischen 400 und 500 m, nimmt der Sauerstoffgehalt bedeutend ab, wahrscheinlich infolge des starken Verbrauchs durch die dort lebenden Tiere, während die Gesamtmenge der Luft, d. h. die Summe vom Sauerstoff und Stickstoff in der Tiefe infolge der dort herrschenden niederen Temperatur zunimmt. Das Meerwasser muß sich demnach mit derselben Temperatur, die es in der Tiefe besitzt, zuvor an der Oberfläche befunden haben, eine Folgerung, die für die Theorie der Meeresströmungen von Bedeutung ist. Die Kohlensäure rührt zum größten Teile von dem Lebensprozeß der Tiere und von der Zersetzung der organischen Substanzen her, sie beträgt etwa 100 mg im Liter; ihre Menge nimmt mit der Tiefe nicht zu.

Das Meerwasser ist endlich reich an organischen Stoffen, denen es seinen eigentümlichen Geruch und die für das Gefühl so bemerkbare Weichheit im Gegensatz zur Härte des Flußwassers verdankt. Diese Stoffe rufen auch zum nicht geringen Teil die chemischen Umsetzungen hervor, welche im Meerwasser im großartigsten Maßstabe vor sich gehen. Namentlich dürfte der bei der Zersetzung entstehende Schwefelwasserstoff zur Entstehung von Schwefelsäure Veranlassung geben, die das Calciumkarbonat in das Sulfat überführt. Letztere Verbindung ist dann der Nährstoff für die Pflanzen, die den Schwefel zum Aufbau der Eiweißverbindungen verbrauchen, während das Calcium an organische Säuren gebunden wird und im Körper der Tiere, welche sich von jenen Pflanzen nähren, den Baustoff für die Kalkpanzer abgiebt.

Hinsichtlich der geographischen Verteilung des Salzgehaltes hat sich ergeben, daß derselbe infolge des von den Flüssen zugeführten süßen Wassers im allgemeinen von der offenen See nach der Küste hin abnimmt. Er ist ferner in den Zonen der Passatwinde, welche die Verdunstung in hohem Maße befördern, am größten (über 3,7 Proz. im Atlantischen Ocean) und am kleinsten in der Kalmenzone, in welcher außer der verringerten Verdunstung die äquatorialen Regengüsse vermindernd einwirken. Von den beiden Passatzonen nimmt im allgemeinen der Salzgehalt nach den höheren Breiten hin ab. Im einzelnen bestehen bei den Oceanen Verschiedenheiten, auf die hier indes nicht eingegangen werden kann. Unter den Mittelmeeren bestehen hinsichtlich des Salzgehaltes große Gegensätze. Relativ hohe Werte erreicht derselbe im Mittelländischen und im Roten Meer, von denen das letztere unter allen Meeren den höchsten Salzgehalt aufweist. Der Grund liegt in der starken Verdunstung, die in diesen, nur durch enge Straßen mit den Oceanen verbundenen Meeren stattfindet. Auch das z. T. noch im Gebiete des Nordostpassats liegende amerikanische Mittelmeer zeichnet sich durch einen ziemlich hohen Salzgehalt aus, während das der Kalmenzone angehörende australische Mittelmeer salzarm ist. Unter den europäischen Meeren zeigen das Schwarze Meer und die Ostsee einen sehr geringen Salzgehalt (1,9 und 1,2 Proz.); die ausgebreiteten Flußgebiete, welche in diese Meere münden, erklären im Verein mit der schwachen Verdunstung diese Thatsache zur Genüge.

Im engsten Zusammenhange mit dem Salzgehalt des Meerwassers steht sein specifisches Gewicht, welches um so größer ist, je mehr Salz es enthält. Im Durchschnitt wiegt 1 Liter Meerwasser 1024 bis 1028 Gramm. Die folgende kleine Tabelle giebt den Zusammenhang zwischen dem specifischen Gewicht und dem Salzgehalt in Prozenten an. Unter specifischem Gewicht ist dabei die Zahl verstanden, welche angiebt, wie viel mal größer das Gewicht eines Volumens Meerwasser von 17,5° ist als das Gewicht von einem Volumen reinen Wassers von 17,5°.

Spec. Gew.	1,025	1,026	1,027	1,028	1,029
Salzgehalt	3,28	3,41	3,54	3,67	3,80

γ) Temperatur des Meerwassers. Eis.

Da das Meerwasser seine Wärme hauptsächlich durch die Sonnenstrahlen empfängt, so nimmt die Temperatur, welche es an seiner Oberfläche zeigt,

im allgemeinen vom Äquator nach den Polen hin ab und erfährt ferner mit dem nach den Jahreszeiten sich ändernden Stande der Sonne Verschiebungen, wie sie auch die Lufttemperatur in den einzelnen Zonen aufweist. Da indes die specifische Wärme des Wassers weit größer ist als die der Luft — die Wärmemenge, welche 1 cbm Meerwasser bei der Abkühlung um 1° abgiebt, reicht hin, um etwa 3100 cbm Luft um 1° zu erwärmen —, so sind die jährlichen Schwankungen der Oberflächentemperatur des Meeres weit geringer als die der Lufttemperatur, und sie würden noch geringer sein, wenn nicht die Meeresströmungen einen großen Einfluß auf dieselben ausübten. So beträgt an den Küsten von Island der Unterschied in der Meerestemperatur im kältesten und wärmsten Monat 10,6°, während dieser Unterschied an den Färöer infolge einer konstanten warmen Strömung weniger als halb so groß ist (4,4°). Die größten Schwankungen zeigt die Temperatur des Meerwassers im Golf von Petschili, wo die höchste Temperatur etwa 30°, die niedrigste 5° beträgt. Das Wasser der Nordsee zeigt einen Temperaturunterschied von 14° (16° und 2°). Durch die große Wärmekapazität des Wassers wird der Zeitpunkt, an dem das Meerwasser die extremen Temperaturen erlangt, nach beiden Richtungen hin nicht unbeträchtlich verzögert. Während in unsern Breiten auf dem festen Lande die Zeiten der höchsten und niedrigsten Lufttemperatur unmittelbar auf die beiden Solstitien folgen (Juli und Januar), zeigen die Meere im August (manche sogar erst im September) die höchste, und im Februar (oder März) die niedrigste Temperatur (s. Karte 22 in Berghaus phys. Atlas). Außerordentlich gering sind die täglichen Schwankungen der Meerestemperatur; sie erreichen in den Tropen im Durchschnitt 1°, in höheren Breiten kaum $^1/_2$°. Die Wassertemperatur ist im allgemeinen stets etwas höher als die Temperatur der oberhalb des Meeresspiegels befindlichen Luft.

Die mittlere Jahrestemperatur der Meere in der Tropenzone beträgt 27 bis 28°. Zu den wärmsten Oceanen gehört der Indische und der östlich davon liegende, sehr seichte Teil des Stillen Oceans, welcher von den Sundainseln und Australien begrenzt ist. Abgeschlossene Meeresbecken zeigen indes noch höhere Temperaturen: im Roten Meer und im Persischen Golf sind Temperaturen von 32° und 34,5° gemessen worden. In dem Polarmeere sinkt die Temperatur auf — 2° und darunter, da die Ausscheidung von Eis aus Salzlösungen erst unterhalb 0° und zwar bei um so niedrigeren Temperaturen beginnt, je größer der Salzgehalt der Lösungen ist.

Die in den Polarmeeren vorkommenden Eismassen entstammen entweder dem Meerwasser oder den die polaren Festländer bedeckenden Gletschern; jene Eismassen sind Salzwasser-, die letzteren Süßwassereis. Die Entstehung des ersteren beginnt in der Regel vom festen Lande aus, wo in dem seichteren Küstengewässer schneller die niedrige, zur Eisausscheidung notwendige Temperatur erreicht wird. Das entstehende Eis heißt Feldeis, weil seine horizontale Ausdehnung (obwohl im einzelnen schwankend, weshalb man Felder, Flarden, Schollen und Brocken unterscheidet) doch immer groß ist im Vergleich zu seiner Dicke, die selten mehr als 4 bis 5 m beträgt. Das geringe Wärmeleitungsvermögen des Eises, durch welches das von ihm bedeckte Wasser vor weiterer Abkühlung geschützt wird; das infolge der Eisausscheidung be-

wirkte Entstehen einer konzentrierteren Salzlösung, deren Gefrierpunkt niedriger liegt; weiterhin das Abtauen des Eises während des Polarsommers, durch welches oft weit ausgedehnte Seen und Ströme gebildet werden; endlich auch die Zufuhr wärmeren Wassers durch die Meeresströmungen verhindern die Entstehung dickerer Eismassen.

Wird das biegsame Feldeis durch die Thätigkeit des Windes oder durch Strömungen in Bewegung versetzt, so werden die einzelnen Schollen einander so sehr genähert, daß zwischen ihnen nur ganz enge Kanäle offenen Wassers frei bleiben, und auch diese frieren beim Beginne des Winters zu, so daß sich kompakte Felder bilden, die aber bald durch zahlreiche Sprünge zerklüftet und nunmehr durch den Druck, der infolge der treibenden und drehenden Bewegung der Eismasse selbst ausgeübt wird, durch die sogen. Eispressungen, zu bedeutender Höhe aufgestaut werden. Unter Hinzutritt neuer Eisbildung entstehen dann feste, aus ungeregelten Haufen von Trümmern und Blöcken zusammengesetzte Massen, die in ihrer Gesamtheit das Packeis[1]) bilden, welches mit seinen oft abenteuerlichen Gestalten große Teile des nördlichen und südlichen Eismeeres ausfüllt und die Ostküste von Grönland ganz, die Nordküste von Nordamerika zum größten Teile unnahbar macht. Losgelöste Teile jüngeren Feldeises bilden das Treibeis, welches im Sommer zwischen Grönland und Spitzbergen südlich sich bewegend bis zu ziemlich niedrigen Breiten (40° n. B.) in den Atlantischen Ocean gelangt. Die Eisberge sind die losgelösten Enden von Gletschern und sind demgemäß bisweilen mit Schutt und Gestein beladen. Sie ragen bisweilen bis zu beträchtlicher Höhe über dem Meeresspiegel empor; indes erreicht dieselbe nur selten 80 bis 100 m. Nimmt man das specifische Gewicht des Eises gleich 0,92, das des Meerwassers gleich 1,028 an, so ergiebt die Rechnung, daß ein würfelförmiger Eiskörper zu etwa $^8/_9$ seiner Höhe in dem Wasser einsinkt. Indes ist der Querschnitt des untergetauchten Teiles meist größer als der des hervorragenden, so daß die Höhe des letzteren $^1/_6$ bis $^1/_7$ der Gesamthöhe beträgt. Kommen die Eisberge in wärmeres Wasser, so werden sie vornehmlich am Meeresspiegel abgetaut; große Stücke können sich dann von ihnen loslösen, sie können sogar gänzlich aus der Gleichgewichtslage gelangen und umschlagen, wodurch mächtige, für die Schiffahrt äußerst gefährliche Strudel entstehen.

Die durch die Sonne bewirkte Erwärmung des Meerwassers betrifft nur eine verhältnismäßig dünne Schicht desselben (100 bis 160 m); noch etwas tiefer reicht die Zone, in der durch die Einwirkung der Strömungen eine jahreszeitliche Schwankung der Temperaturen bemerkbar ist. Dann nimmt aber die Temperatur des Meerwassers sehr rasch ab bis zu einer Tiefe von etwa 1000 m, in der sie etwa + 4° beträgt, um nunmehr langsam, aber stetig bis zum Meeresboden zu sinken, wo sie 0° oder noch weniger (— 2°) beträgt.

Die niedrigsten Bodentemperaturen sind eigentümlicherweise nicht in polaren, sondern in äquatorialen Meeren beobachtet worden.

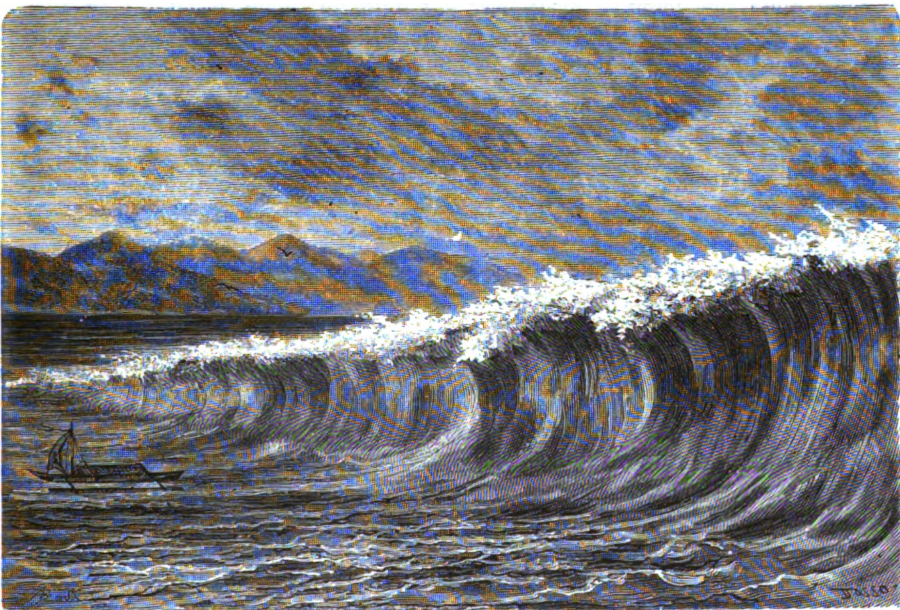
[1]) Abbildungen einiger Eisformen folgen an späterer Stelle.

δ) Die Wellenbewegung.

Auch bei völliger Windstille ist die Oberfläche des Meeres niemals vollkommen eben, sondern von Wellen durchfurcht und gekräuselt. Sie werden in den meisten Fällen dadurch hervorgerufen, daß der Wind bei hinreichender Stärke das infolge der Oberflächenspannung auf der Wasserfläche vorhandene Flüssigkeitshäutchen vor sich her schiebt und dadurch kräuselt. Diese zunächst vorhandenen „kapillaren Wellen" erfahren dann durch die fortgesetzte Wirkung des Windes eine Vergrößerung ihrer Wellenhöhe. Bei der Wellenbewegung findet keine dauernde Ortsveränderung der Wasserteilchen statt, vielmehr kehrt jedes von ihnen nach Ablauf einer bestimmten Zeit, der sogen. Periode, an denselben Ort zurück. Dabei beschreibt jedes Wasserteilchen eine geschlossene Bahn, die an der Oberfläche kreisförmig ist, unterhalb derselben jedoch mehr und mehr elliptisch wird. Man nennt diese Bewegung der Wasserteilchen Orbital- oder Kreisbewegung. Jedes Wasserteilchen, welches diese Bewegung ausführt, entfernt das horizontal daran grenzende aus seiner Gleichgewichtslage, so daß dieses etwas später eine gleichgestaltete Bahn zu beschreiben beginnt; dieses bringt dann ein neues aus seiner Ruhelage, und so pflanzt sich die Bewegung weiter und weiter in dem Wasser fort. Man nennt die Strecke, um welche die Bewegung fortgeschritten ist, wenn das erste Teilchen wieder in seine ursprüngliche Lage zurückgekehrt ist, die Wellenlänge. Die anderen bis dahin bewegten Wasserteilchen haben nur einen Bruchteil ihrer Bahn zurückgelegt, der für jedes von ihnen einen anderen Wert besitzt. Der Versuch sowohl als die mathematische Entwickelung haben ergeben, daß die entstehende Wellenform im Profil eine Trochoïde darstellt, d. h. die Kurve, welche ein Punkt beschreibt, der sich auf einem Radius eines längs einer geraden Linie fortrollenden Kreises befindet. An jeder Welle wechseln demnach Wellenberg und Wellenthal miteinander ab; der Abstand zwischen dem höchsten Punkte des einen und dem tiefsten des anderen heißt Wellenhöhe. Über ihre Größe haben bis zur Ausführung genauer Messungen übertriebene Vorstellungen geherrscht; als Maximalwert darf man 15 m ansehen, indes gehören schon Wellen von 8 bis 9 m Höhe zu den Seltenheiten. Die größte bisher beobachtete Wellenlänge betrug 824 m, die Welle pflanzte sich mit einer Geschwindigkeit von 35,8 m in der Sekunde fort. Die gewöhnliche Länge der Wellen im offenen Ocean beträgt 90 bis 100 m, ihre Geschwindigkeit 11 bis 15 m, ihre Periode 6 bis 10 Sekunden. Wie weit sich die Orbitalbewegung in tiefem Wasser fortpflanzt, ist nicht bekannt; manche Beobachtungen sprechen indes dafür, daß sie sich gelegentlich bis zu einer Tiefe von 200 m erstrecken kann. Wo sie sich in seichtem Wasser nicht vollständig auszubilden vermag, da schlägt der Wellenkamm über und ruft die Brandung hervor (Fig. 270). Sie tritt vornehmlich an sanft abgeböschten Küsten (Küste der Landes am Golf von Biscaya, Küste der friesischen Inseln, Koromandelküste), oder an Steilküsten auf, die mit einem flachen Vorstrande versehen sind (Küste von Guinea, wo sie, als Kalema bezeichnet, für die Schiffahrt ein außerordentliches Hindernis bildet). Die Hauptursache für die Entstehung der Wellen ist der Wind; die von ihm erzeugten Wellen werden als gezwungene (forcierte), vom Seemann als

Seen bezeichnet. Ist durch den Wind Seegang hervorgerufen, so kann die Bewegungsursache aufhören, ohne daß die Bewegung selbst ein Ende erreicht. Diese dauert vielmehr vermöge der ihr innewohnenden lebendigen Kraft noch eine Zeit lang an, so daß die Wellen auch bei windstillem Wetter am Strande zerstörend zu wirken vermögen. Ist der Seegang heftig genug, so kann er seinerseits die Veranlassung zur Entstehung einer Wellenbewegung werden, die oft weit vom Orte ihres Ursprungs noch bemerkbar ist und als Dünung bezeichnet wird. Ihre Wellen, deren Höhe meist geringer ist, als die der Seen, lassen am deutlichsten das trochoidische Profil erkennen, während die vom Winde erzeugten Seen, solange Wellenhöhe und Orbitalgeschwindigkeit

Fig. 270.



Brandungswoge an der Mündung des Rio Gigaquit, Philippinen.

noch nicht die der Windstärke entsprechenden Maximalwerte erreicht haben, überschlagende und schäumende Kämme zeigen. Auch bei sturmbewegter See bricht der Wind, wenn seine Stärke plötzlich eine Steigerung erfährt, in gleicher Weise die Kämme der Wellen ab und wirft sie in das vor ihnen befindliche Wellenthal hinab, wodurch die außerordentlich gefürchteten Sturzseen entstehen, deren Gewalt infolge der enormen Wassermengen so bedeutend ist, daß ganze Teile der Schiffe von ihnen hinweggeschlagen werden.

Außer den durch die Thätigkeit des Windes unmittelbar oder mittelbar hervorgerufenen Wellen kommen gelegentlich andere Wellenbewegungen vor, die durch Erschütterungen des Meeresbodens oder der Küsten (See- oder Erdbeben, vulkanische Ausbrüche) hervorgebracht werden. Sie führen den

Namen Stoßwellen und zeichnen sich durch eine bedeutende Fortpflanzungsgeschwindigkeit, sowie durch eine große Wellenlänge und Periode aus. Die Wellenhöhe ist im Vergleich zu diesen Dimensionen gering und erreicht nur gelegentlich an den Küsten sehr beträchtliche Werte. Dadurch haben die Stoßwellen schon wiederholt gewaltige Katastrophen hervorgerufen, wie bei dem Erdbeben von Lissabon (S. 366), Valparaiso (S. 367), Concepcion (S. 368) und Valdivia. Auch durch das Erdbeben von Arica (S. 368) wurde eine große Flutwelle erzeugt, deren Wirkungen sich über einen großen Teil des Stillen Oceans, von Südamerika bis nach Australien einerseits und nach den Sandwichinseln andererseits erstreckten. „Im Centrum des Erdbebens überflutete die See 20 Minuten nach dem ersten Stoß 2 bis 3 m hoch den Strand, zog sich dann schnell zurück (in den Hafenbuchten bis eine Seemeile seewärts), dann brach eine kolossale Woge über das Festland herein, dieses bis zu 17 m über der Hochwassermarke überflutend; alle Viertelstunden wiederholten sich diese Modulationen mehrfach.“ Auch durch den Ausbruch des Krakatoa (S. 372) wurden dreimal Stoßwellen hervorgebracht, von denen die zuletzt (am 24. August 1883, vormittags 10 Uhr 5 Min.) erzeugte die kräftigste war. Sie zerstörte in der Sundastraße alle am Strande gelegenen Ortschaften, und durch die von ihr hervorgerufenen Überschwemmungen wurden die größten Menschenverluste hervorgerufen, welche jenes Ereignis überhaupt mit sich brachte. Die Stoßwelle war auf weite Entfernungen wahrnehmbar; so erreichte sie am 28. August mittags $1^1/_4$ Uhr den Hafen von Rochefort.

Daß durch diese Stoßwellen auch bedeutende Änderungen der Küstengestalt bewirkt werden können, liegt auf der Hand. Ihnen schließen sich die durch die Sturmfluten hervorgebrachten Umänderungen an, deren bereits mehrfach gedacht wurde. Die Sturmfluten werden durch heftige Stürme oder Orkane veranlaßt, welche eine gewaltige Stauung des Wassers an der Küste bewirken. Bei der großen Sturmflut am 12. und 13. November 1872 wurde das Wasser der Ostsee von einem heftigen Ost- und Nordostwinde gegen die westlichen Küsten des Meeres getrieben. Sie machte sich zuerst an der Küste des südlichen Schwedens bemerkbar und suchte dann die Ostküste von Bornholm und weiterhin die pommersche und mecklenburgische Küste, sowie namentlich Rügen heim; an diesen Küsten stieg das Meer um 3 bis $3^1/_2$ m. In frischer Erinnerung sind noch die Verwüstungen, welche die von einem Nordweststurm am 6. Dezember 1899 erzeugte Sturmflut an den Ufern der Ostsee, namentlich an der west- und ostpreußischen Küste hervorrief. Nordweststürme sind auch in der Regel die Ursache für die Sturmfluten der Nordsee, von denen nachweislich 50 in jedem Jahrhundert sich ereignen, und die dann besonders verhängnisvoll werden, wenn, wie es in der Nacht vom 30. zum 31. Januar 1877 der Fall war, die größte Windstärke zufällig mit dem Eintritt der Springflut zusammenfällt. Bei der größten Sturmflut, von der im verflossenen Jahrhundert die Nordseeküste betroffen wurde (3. und 4. Februar 1825), stieg das Wasser um 5,5 bis 6 m. Nordholland und Ostfriesland sind am meisten den verheerenden Wirkungen dieser Sturmfluten ausgesetzt (vergl. auch S. 394, 437 und 546).

Auch die S. 497 u. 515 erwähnten, an größeren Seebecken beobachteten

Balancierwellen (am Genfer See Seiches, am Bodensee Ruhß genannt) sind an einzelnen Meeresbecken beobachtet worden. Sie stellen im Gegensatz zu den bisher betrachteten fortschreitenden Wellen stehende Wellen dar, wie man sie z. B. an einer schwingenden Saite beobachtet (s. Physik); sie sind dadurch ausgezeichnet, daß ihre Berge und Thäler nicht fortschreiten, sondern auf derselben Stelle mit einander wechseln, wobei (wenigstens im einfachsten Falle) alle Punkte des schwingenden Körpers gleichzeitig durch die Ruhelage gehen und sich auch gleichzeitig am weitesten von ihr entfernen. Am bekanntesten sind in den erwähnten Beziehungen die Strömungen des Euripus, der schmalen, kaum 100 m breiten Meerenge zwischen Böotien und Euböa, dessen Hafenort Chalkis durch eine Brücke mit dem Festlande verbunden ist. Der sich nordwestlich davon erstreckende Golf von Euböa (Talanti) stellt ein fast allseitig abgeschlossenes, ziemlich tiefes Becken dar, welches nur durch den Kana von Tricheri mit dem Ägäischen Meer verbunden ist. Bei Chalkis nun wechselt zu gewissen Zeiten der Strom täglich 11- bis 14mal, eine Erscheinung, welche durch stehende Schwingungen des Golfes von Talanti erklärt wird. Als Entstehungsursache für diese Art von Schwingungen nimmt man Änderungen der Luftpressung auf größeren Teilen der Wasserfläche an, wie sie durch einen stoßweise wehenden Wind hervorgebracht werden. Auch anderwärts, wie in Malta und Algier, sind ähnliche Schwingungen der Meeresfläche beobachtet worden.

ε) Der Meeresboden.

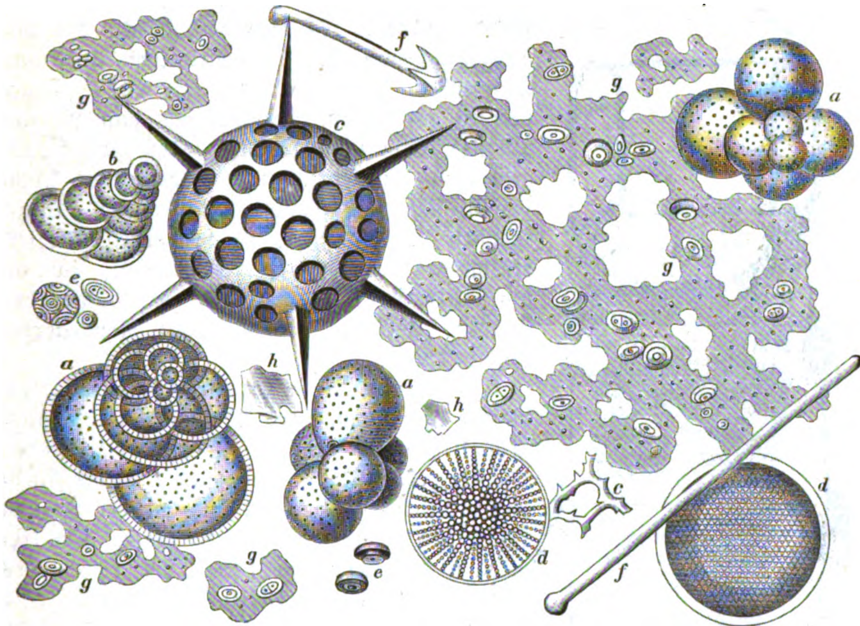
Wie bereits S. 155 ausgeführt wurde, ist das Relief des Meeresbodens ein äußerst mannigfaltiges; indes ist hervorzuheben, daß ein lebhafterer Wechsel der Neigung der Bodenflächen, wie er auf dem Festlande die Regel bildet, auf dem Meeresboden fehlt und zwar deshalb, weil auf ihm die Wirkung der fließenden Wässer und der Atmosphärilien, welche auf dem Festlande im Laufe der Zeit so bedeutende Umänderungen hervorbrachte, nicht vorhanden ist. Seine im großen und ganzen einförmige, flachwellige Oberfläche bildet demgemäß unterseeische Plateaus, die, wenn sie sich dem Meeresspiegel nähern, als Bänke bezeichnet werden. Aus ihnen ragen an nicht wenigen Stellen vulkanische Aufschüttungen oder Korallenbauten steil empor, und zwischen ihnen breiten sich Einsenkungen aus, die man als Mulden oder Becken bezeichnet, wenn sie eine größere Ausdehnung und sanfte geneigte Wände besitzen, als Rinnen oder Tiefe, wenn ihre Umrandungen steil geneigt sind. Die größte gegenwärtig bekannte Tiefe beträgt 9427 m (s. S. 536). Sie ist in der Tonga-Rinne (östlich von den im Nordosten von Neu-Seeland gelegenen Kermadec-Inseln) gelotet worden und übertrifft die Höhe des höchsten Berges um nahezu 600 m. Tiefen, die über 8000 m betragen, finden sich mehrfach, so die im Osten von Nordjapan und den Kurilen gelegene Tuscaroratiefe (8515 m), die lange Zeit für die größte Tiefe gehalten wurde, und die Tiefe im Norden von Puerto-Rico (8341 m). Die größten Tiefen liegen bemerkenswerter Weise nicht in der Mitte der Oceane, sondern mehr in der Nähe des Festlandes. Die Küsten sind von einem breiteren oder schmäleren Flachseegürtel begleitet, an dessen Rande eine plötzliche Änderung

der Meerestiefe stattfindet. Man nimmt als unterseeische Grenze der Kontinente die Isobathe — mit diesem Namen bezeichnet man Linien von gleicher Meerestiefe — von 200 m (etwa 100 Faden) an, weil von dieser an eine steilere Böschung sich einzustellen pflegt, so daß die Entfernung zwischen der Isobathe von 1000 m und der von 200 m nicht kleiner ist, als die Entfernung zwischen dieser und der Küstenlinie. Bei Steilküsten kommen meist schon in geringen Abständen vom festen Lande bedeutende Tiefen vor. So ist bei Valparaiso in einer Entfernung von nur acht Seemeilen (1 Seemeile = 1,852 km) eine Tiefe von fast 3100 m gelotet worden.

Die **Bedeckung des Meeresbodens** (vergl. auch S. 194) ist in der Nähe der Küsten eine andere als fern von diesen, fast immer wird sie jedoch von einem feinen Schlamm gebildet, und nur selten besteht der Meeresboden aus festem Gestein. In der Nähe der Küsten finden sich die Zertrümmerungsprodukte der Küsten selbst, die durch die Thätigkeit der Wellen allmählich zu feinem Sande zerrieben werden, und ferner die von den Flüssen mitgeführten Materialien. Diese sinken in der Regel da, wo das Süßwasser sich mit dem Salzwasser mischt, aus einer noch nicht aufgeklärten Ursache rasch zu Boden, werden aber bisweilen bei starker Strömung weit von der Küste fortgeführt (z. B. beim Amazonenstrom 300 km weit) oder durch die Meereswogen nachträglich wieder aufgewühlt. Zu ihnen gesellen sich dann die Reste von Seeorganismen und bilden den meist grün oder blau gefärbten Schlick, der sich in der Nähe von Küsten findet, die aus krystallinischen Gesteinen bestehen. An vulkanischen Inseln ist der Schlick grau oder auch schwarz und schieferfarbig, in der Nähe von Koralleninseln findet sich statt seiner Korallenschlamm, dem in großer Menge kalkschalige Foraminiferen beigemischt sind. Die Küstenablagerungen kommen nur selten in größeren Tiefen vor, meist nur bis etwa 2000 m. In größeren Tiefen, bis zu 4000 bis 5000 m, bestehen die Ablagerungen auf dem Meeresboden bis zu vier Fünfteln aus Resten von Tieren, zu einem Fünftel aus anorganischen Stoffen (Staub von Staubfällen, Asche von Vulkanausbrüchen, kosmischer Staub). Die neueren Tiefseeforschungen haben ergeben, daß noch in den größten Tiefen eine erstaunlich mannigfaltige Tierwelt vorhanden ist, während das Pflanzenleben — des mangelnden Lichtes wegen — sehr bald (bei etwa 300 bis 400 m unter dem Meeresspiegel) erlischt. Einem Regen gleich sinken beständig die Schalen der abgestorbenen Meerestiere zu Boden, werden aber, soweit sie aus Calciumkarbonat bestehen, durch den mit zunehmender Tiefe wachsenden Kohlensäuregehalt des Wassers wieder gelöst, so daß sie nur die 4000 bis 5000 m unter dem Meeresspiegel gelegenen Plateaus bedecken. Wegen des Vorherrschens einer Gattung der Foraminiferen, der Globigerinen (Fig. 271), hat man den Schlamm als **Globigerinenschlamm** bezeichnet. An manchen Stellen ist er durch den aus den Kieselpanzern der Radiolarien bestehenden **Radiolarienschlamm** ersetzt, so im westlichen und mittleren Teil des Stillen Oceans und in einem Teile des Malaischen Meeres; in den arktischen Meeren endlich besteht die Bodenbedeckung aus dem aus den Kieselpanzern einer Algenfamilie entstandenen **Diatomeenschlamm**. In noch größeren Tiefen, also über 5000 m, treten die Bei-

mengungen organischen Ursprungs wieder sehr zurück, nur die Kieselpanzer der Diatomeen nehmen noch an der Bedeckung der tiefsten Stellen des Meeresbodens teil, bilden aber höchstens 10 Proz. Die Bodenbedeckung besteht dann fast ausschließlich aus den *Tiefseethonen*, die von grauer, meist aber roter oder dunkelbrauner Farbe (infolge ihres Gehaltes an Eisen- oder Manganoxyd) sind. Den Tiefseethonen sind Bruchstücke von Mineralien (wie Quarz oder Glimmer) beigemengt, namentlich enthalten sie aber fast immer vulkanische

Fig. 271.



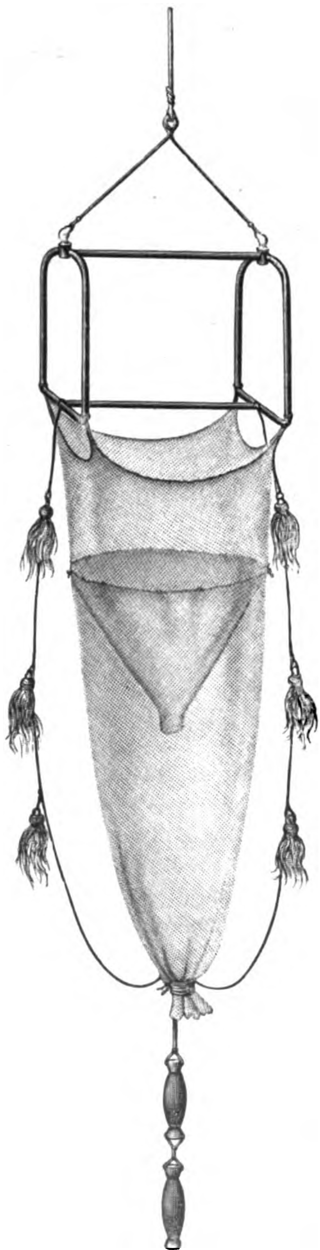
Ansicht von Tiefseeschlamm in 700facher Vergrößerung.
(Nach Zittel, Paläontologie I. 1.)

a, *b* Foraminiferen (*a* Globigerinen, *b* Textularien), *c* Radiolarien, *d* Diatomeen, *e* Kokkolithen und Kokkosphären, *f* Schwammnadeln, *g* Bathybius mit Kokkolithen, *h* Mineralfragmente.

Produkte, wie Bimsstein und Lava. Während man den Globigerinenschlamm und die verwandten Bildungen hinsichtlich ihrer Bildungsweise der Kreide (S. 100) und dem Nummulitenkalk (S. 213) an die Seite stellen kann, ist in der festen Erdrinde keine Bildung bekannt, welche dem Tiefseethon vergleichbar wäre.

Die Kenntnis des Bodenreliefs und der Bodenbedeckung verdanken wir fast ausschließlich den *Tiefseeexpeditionen*; sie kommen für die Erforschung der dynamisch-geologischen Verhältnisse weniger in Betracht, als für die Erweiterung unserer oceanischen Kenntnisse überhaupt. Beobachtungen über die Wellenwirkung und die Küstenbeschaffenheit in verschiedenen Gegenden, Erweiterung der Kenntnisse über die Beschaffenheit des Meeresbodens und seines

Fig. 272.



Tiefseenetz, Dredsche.

Reliefs sind hauptsächlich von Wichtigkeit. Die Beobachtungen auf freiem Meere erstrecken sich auf physikalisch-meteorologische Verhältnisse, auf die physikalisch-hydrographische Beschaffenheit der Meere (Tiefe, Temperatur, Dichte, Salzgehalt u. s. w.), und vor allem auf die Beobachtung der Lebewesen, die die verschiedenen Tiefen der Oceane bewohnen und mit den Scharr- und Schleppnetzen (dredges), Fig. 272, ans Licht befördert werden. Ist doch der Zweck, die von Strömung und Wind fortgetriebenen und umherirrenden (plankton, vgl. S. 194) Organismen zu fangen, Veranlassung zum Namen Plankton-Expedition gewesen. Daß auch Landgebiete mit durchforscht und geographische sowie physikalisch-geographische Forschungen angeschlossen worden sind, ist bei vielen Tiefsee-expeditionen weiterer Zweck gewesen, ja oft als erster Zweck den Expeditionen aufgegeben worden, wie der österreichischen Novaraexpedition (1857).

Wenn man von der Expedition Forbes' 1841, die zur Untersuchung des Ägäischen Meeres ausgeschickt war, ausgeht, so liegen die eigentlichen Tiefseeexpeditionen, zu denen auch z. T. die Nordpolexpeditionen zu rechnen sind, in der zweiten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts. Die Expedition der Porcupine (1868 bis 1870), des Challenger (1872 bis 1876), der Gazelle (1874 bis 1876), der Tuscarora (1873 bis 1875 und 1878), des Travailleur (1880 bis 1882), der Vega (1878 bis 1879), des National (1889), der Pola (1890 bis 1891), der Valdivia (1898 bis 1900) sind allgemein bekannt geworden.

Über verschiedene Beobachtungen, die von geologischer Wichtigkeit sind, ist im Voranstehenden Mitteilung gemacht worden, so über die Beschaffenheit des tiefsten Meeresgrundes (die größte bekannte Meerestiefe ist i. J. 1895 zu 9427 m, 23° 40′ S, 175° 10′ W von dem englischen Kriegsschiff Pinguin gelotet worden), die Bedeckung desselben mit organismenhaltigem Schlamm, mit vulkanischen Produkten, über Uferbildung u. s. w.; ein specielleres Eingehen gehört dem Gebiete der Oceanographie und physikalischen Geographie an.

6. Die Wirkungen von Eis und Schnee.

Die Wirkungen der Gletscher haben eine besondere Wichtigkeit für die der Jetztzeit vorangehende Periode, die Diluvialepoche, gehabt und werden deshalb dort im Anschluß an die Besprechung der Eiszeit eine kurze Schilderung finden.

C. Äolische Bildungen.

Wirkungen der Luftströmungen und Winde.

a) Allgemeines.

Früher war man vielfach geneigt, den Wirkungen der Winde nur eine untergeordnete oder lokale Bedeutung beizulegen, bis man in ihnen bei der weiter fortschreitenden Kenntnis der Steppen und Wüsten einen wichtigen geologischen Faktor gefunden hat. Zwar bedürfen die Winde, um geologisch wirksam zu sein, immer noch bestimmter fester oder flüssiger Körper (von letzteren kommt nur das Wasser in Betracht), aber die Wirkungen sind so eigentümlich, daß man sie, da der Wind die treibende Kraft ist, besonders zu betrachten pflegt. Im allgemeinen werden die Wirkungen der Luftströmungen um so stärker sein, je größer die Geschwindigkeit ist, und diese kann sich bei Orkanen bis 30 m in der Sekunde steigern[1]). Aber auch die Richtung des Windes und seine Konstanz, d. h. das Gleichbleiben der Richtung, aus der der Wind weht (Passatwinde, manche Wüstenwinde) haben einen bedeutenden Einfluß auf bestimmte Gestaltungen.

Lange bekannt ist die transportierende Kraft der Winde für fein zerteilte, staubförmige Körper. Der Wind spielt als Verbreiter organischer Keime, als Mittel bei der Befruchtung vieler Pflanzen (Windblütler, vgl. Tl. I, S. 77) eine große Rolle. Bekannt ist, daß der Scirocco Saharastaub über das Meer fortträgt, und daß der Staub unserer Städte weithin durch die Luft verbreitet wird. Wahrscheinlich ist daher auch der Wind die Entstehungsursache der Staubfälle, die in ganz unbewohnten nordischen Gegenden gefunden wurden, und die man vielfach als durch Meteorstaub hervorgebracht angesehen hat, wie den Kryokonit auf dem Binneneise Grönlands. Wie große Massen von Staub die Luft unserer Städte enthält, und wie mannigfaltig derselbe zu=

---

[1]) Zur genaueren Bezeichnung sind, ähnlich wie dies für die Erdbeben (vgl. S. 382/383) geschehen, von Beaufort u. a. besondere Intensitäts=Skalen aufgestellt, von denen die folgende hier mitgeteilt sei.

Windskala nach Mohr.

Windstärke	Windgeschwindigkeit in Metern in der Sekunde	Winddruck in Kilogrammen auf den Quadratmeter
0 still	0 bis 0,5	0 bis 0,15
1 schwach	0,5 „ 4	0,15 „ 1,87
2 mäßig	4 „ 7	1,87 „ 5,96
3 frisch	7 „ 11	5,96 „ 15,27
4 stark	11 „ 17	15,27 „ 34,35
5 Sturm	17 „ 28	34,35 „ 95,4
6 Orkan	über 28	über 95,4

sammengesetzt ist, ist bekannt; derselbe wird sich überallhin in der Umgebung verbreiten. Ganz besonders auffällig ist der Transport der vulkanischen Asche (Lavastaub) bei den Ausbrüchen der Vulkane, wobei sich auch zeigt, daß die schwereren Massenteilchen nicht so weit mitgerissen werden können, als die ganz feinen. Bei dem berühmten Vesuvausbruch im Jahre 79 n. Chr. ist die Asche bis Syrien und Ägypten getrieben worden, und bei dem Ausbruch im Jahre 512 gelangte sie bis nach Konstantinopel. Aschen, welche von den Ausbrüchen isländischer Vulkane herrührten, sind mehrfach nach Norwegen getrieben worden (1875), die Auswurfsprodukte des Coseguina (1835) wurden 1500 Meilen weit fortgetragen, und Krakatoa-Asche verbreitete sich über 800 000 qkm und über fast die ganze Erde, wenn man die damals beobachteten merkwürdigen Dämmerungserscheinungen als durch sie hervorgebracht ansieht.

Schon lange hatte man beobachtet, daß die Passate Staub weit fortführen können, und fast jeder Spaziergang macht uns auf diese Wirkung der Winde aufmerksam. Von den großartigen Wirkungen des Windes geben uns Bildungen, die große Teile der Erde bedecken, beredte Kunde; Dünen, Steppen und Wüsten, die Bildung des Löß und die Abschleifung des nackten Bodens oder freiliegender Geröllmassen (Deflation) mögen etwas näher betrachtet werden. Haben doch diese Bildungen auch zur Zeit des Diluviums und Alluviums, und zwar gerade wohl in der Übergangszeit, eine große Rolle gespielt.

b) Dünen[1]).

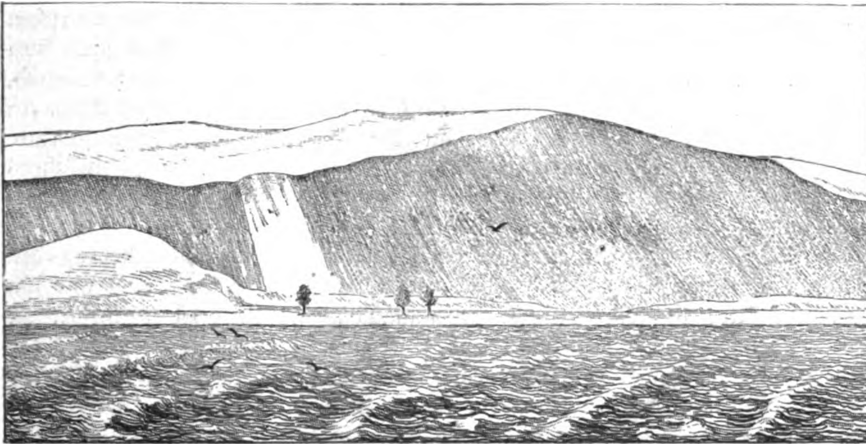
Die Küsten der Meere sind Flachküsten (Sandküsten) oder Steilküsten (vgl. S. 518). Bei den ersteren senkt sich vom Lande aus ohne steileren Absturz der Boden in das Meer hinein. Der Strand besteht aus staubigem oder körnigem Sande von Quarzteilchen, dem häufig Geröllteile beigemengt sind. Bei den Steilküsten findet sich ein schroffer Uferabsturz, dem ein schmaler Ufergürtel vorgelagert ist, oder das Meer bespült unmittelbar die Steilküste und nagt dieselbe in der mannigfaltigsten Weise aus, so daß oft die malerischesten Formen entstehen. Dem Felsabsturz sind gewaltige Blöcke und Bruchstücke des Ufergesteins mit Geröll und Sand gemischt vorgelagert. Die extremen Formen werden auch hier wie überall in der Natur durch Zwischenformen vermittelt. Man würde die Steilküsten vielleicht besser Felsküsten nennen, da es für die Bezeichnung „Steilküste" nicht auf die Höhe des Uferrandes ankommt. Die Küsten Schwedens und Finnlands könnten als typische Felsenküsten bezeichnet werden; sie erheben sich nicht hoch über das Meer und sind umlagert von Tausenden von kleinen Inselchen (den Scheeren), die aus Urgestein (Granit, Gneis) von diesem Lande selbst bestehen. Die deutschen Küsten sind Sandküsten und an einzelnen Stellen wie auf Rügen (vgl. Abb. 264 bei S. 519), durch Kreideabstürze (Senon), unterbrochen; auch anderwärts (Helgoland, Rote Kliff, Samland) finden sich solche steilen Abstürze. — In den tropischen Gegenden ist eine typische Form der Flachküste, die Sumpfküste, zum Nachteil jeder Besiedelung nur zu häufig ausgebildet. Die Mündungen

[1]) Vgl. auch S. 302, Anmerkung.

des Ganges, des Niger geben Beispiele, ebenso der Kamerunfluß. Die Mangroven sind die charakteristische Pflanzenform für diese Küsten; auch die Mündungen des Mississippi mit den Bajous zeigen diesen Typus, und in Europa erinnern Maremmen und Lagunen an solche Bildungen.

Stranddünen. Die sandigen Flachküsten nun zeigen eine äolische Bildung, die unter gleichen Bedingungen auf der ganzen Erde entsteht und entstanden ist, nämlich die Dünenzüge, jene wallartigen, nach dem Meere zu flach, nach dem Lande zu dagegen steil (30 bis 35°) abfallenden Sandhügel, die eine der interessantesten Erscheinungen unserer Küsten darbieten (vgl. Fig. 194 bei S. 300, und Fig. 273). Von der Kurischen Nehrung an bis über die Frische Nehrung begleiten die Dünenzüge die Küste ununterbrochen. Von Skagen an, an der äußeren Grenze der nordfriesischen und westfriesischen Inseln (Sylt, Amrum, Norderney u. s. w.), gewissermaßen die Ausdehnung des alten Landes bezeichnend, gehen sie über Texel an die holländisch-belgische Küste

Fig. 273.



Sturzdüne am Kurischen Haff, in der Gegend des verschütteten Dorfes Stangenwalde.
(Nach Berendt.)

über, und auf der anderen Seite der Nordsee (Norfolk, Clinton u. s. w.), sind die Bildungen nicht minder großartig. In Südfrankreich in den Landes, in Deutsch-Südwestafrika, an den Küsten von Texas haben sich großartige Dünen entwickelt. Hinter den Dünen haben sich oft Sümpfe, Moore, Seen gebildet, die an einzelnen Stellen mit dem Meere in Verbindung stehen; auch Torfablagerungen konnten entstehen, diese wurden wieder mit Sand bedeckt, so daß dieser Torf dichter wurde, als der gewöhnliche Moortorf. Diese Sümpfe und Gewässer führen die verschiedensten Namen: Sounds in Carolina, wo die Dünen im großartigsten Maßstabe ausgebildet sind, Peressips am Schwarzen Meere, Lagunas in Texas, Maremmen in Italien u. s. w.

Die höchsten Dünen in Deutschland, 30 bis 70 m hoch, finden sich auf der Kurischen Nehrung, in Europa überhaupt, 75 bis 90 m hoch, in Süd-

frankreich, südlich der Garonnemündung, wo auch die Seenbildung hinter zwei Dünenzügen sich sehr gut verfolgen läßt.

Die Bildung und Entstehung der Dünen läßt sich durch unmittelbare Beobachtungen erklären [1]). Wenn die Wellen sich von dem Sande, der herangespült wird, zurückziehen, trocknet derselbe und wird nun vom Winde leicht vorwärts getrieben. Die stehende Windrichtung ist an der Küste fast nur vom Meere zum Lande, und so werden die Sandkörner angehäuft, türmen sich empor und fallen von der Böschung wieder herab, die nach der Landseite sogar manchmal etwas hinüberragt. Da ein Teil der Sandkörner auch weiter getrieben wird, entsteht ein zweiter Uferwall, und so bilden sich oft drei bis vier ziemlich parallele Dünenzüge. Aus dieser Art der Bildung erklärt sich auch das Wandern der Dünen; sie wandern über Wälder und Ortschaften hinweg landeinwärts, nach Jahrhunderten kommen die verschütteten Ortschaften in ihren Trümmern wieder zum Vorschein, und die Waldüberreste, in braunkohlenähnliche Massen verwandelt, zeigen noch deutlich die Standorte der alten Bäume. An der Küste von Suffolk sind die Dünen in 100 Jahren fast 7 km weit landeinwärts gewandert, die der Kurischen Nehrung wandern ungefähr 6 m im Jahre, und Nidden und Pillkoppen sind von dem Schicksal bedroht, welches im vorigen Jahrhundert Kunzen betraf, das 1800 hinter der Düne lag, 1839 bedeckt wurde, und dessen Kirche in den sechziger Jahren vor der Düne auf der Meeresseite zum Vorschein kam. Die Ostseeküsten, denen große Ebbe und Flut mangelt, geben in ihren Dünenbildungen den Besuchern stets neuen Stoff zur unterhaltenden Beobachtung.

Die Dünen sind der beste Schutz gegen die zerstörende Wirkung des Meeres, und ihre Vernichtung würde große Nachteile für die Küsten mit sich bringen. Um ihr Wandern zu verlangsamen und sie zum Festliegen zu bringen, sucht man eine für den Boden geeignete Vegetation zu erzielen, vor allem durch den Anbau des Strandhafers, Elymus arenarius. Auch die Föhrenwälder verlangsamen den Zug der Dünen. Die zur Befestigung der Dünen dienende Dünenvegetation (künstliche Befestigungen helfen nur wenig) sollte überall geschützt sein.

Inlanddünen. Der Wind und Sturm hat aber nicht bloß am Strande Dünenbildung (Stranddünen) erzeugt, sondern auch im Inland (Inlanddünen). In unserem norddeutschen Tieflande sind die Inlanddünen vielfach zu verfolgen; jetzt meist mit Föhrenwaldung bewachsen, bilden sie häufig die niedrigen Erhebungen unserer Mark. In großartigster Weise kommen Inlanddünen in den großen Wüstengebieten vor. In der Sahara (sowohl im westlichen, Fig. 274, wie im östlichen Teile), in den Wüsten Thar (östlich vom Indus), Nefûd (in Arabien, die im Norden in die Syrische Wüste übergeht), Kisil-Kum (zwischen Amu- und Syr-Darja) und Gobi im inneren Asien entstehen und

[1]) Interessant ist, daß aus den Beobachtungen der schleifenden Wirkung des Dünensandes ein technisches Verfahren hervorgegangen ist, das Tilghmansche Sandblasverfahren, um Inschriften auf Steinen u. s. w. einzugravieren. Tilghman hatte beobachtet, daß die Fensterscheiben der Wohnungen, welche dem Dünenzuge zugewandt waren, durch die dagegen geschleuderten Sandkörner matt geworden waren.

vergehen an einzelnen Stellen die großartigsten Dünenzüge, während an anderen Stellen die Lage der Dünen sich nicht ändert. Timbuktu ist von dem Verschütten durch Wüstensand bedroht, das Kaspische Meer verflacht sich am Südostrande, und der Atlantische Ocean ist an der Küste der Sahara mit Sand angefüllt; Amu-Darja ist mit seinem Laufe bis in den Aralsee zurückgewichen; Mesopotamien, sowie die Gegend zwischen Euphrat und Syrien ist vollständig durch die Wüstensandbildungen verödet (Palmyra), ebenso wie einzelne Landstriche des Nilthales; und die Sand- und Steinwüsten Nordwestaustraliens werden dem Vordringen der Kultur dieselben Hindernisse entgegensetzen, welche die sinkende Kultur in den genannten Ländern nicht mehr der Wüste gegenüber zu vermindern vermag. Die Wüste ist noch schwerer einzudämmen, als das Meer, es ist Aufgabe, diese Kulturarbeit mit den Mitteln der modernen Technik in Angriff zu nehmen, wie dies in der algerischen Sahara geschehen ist.

Fig. 274.



In den Dünen jenseits des Debilebi, Oase El Goléa in Algier.

c) Der Löß.

Wenn die Dünen (Inland- und Stranddünen) eine großartige äolische Bildung der Gegenwart von gewaltiger geologischer Wirkung sind, so stellen die aus Staubfällen hervorgegangenen Lößbildungen eine ausgedehnte äolische Formation der Diluvial- und des Anfangs der Alluvialepoche dar, die zum Teil wenigstens in fruchtbaren Boden, zum Teil allerdings in Steppe umgewandelt ist.

Der Löß gehört zu den thonigen Gesteinen (vgl. Petrographie S. 180). Er besteht zum größten Teil aus Sandstaub mit etwas Thon (Quarz), ist nicht mit Wasser knetbar (plastisch) und enthält Kalk (kohlensauren Kalk), Glimmer, auch groben Sand, Hornblende und Augit; oft finden sich auch eigentümlich

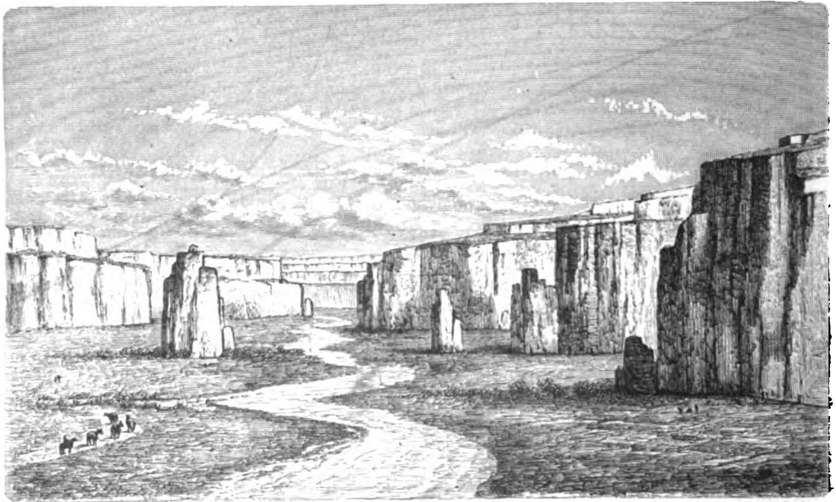
gestaltete Absonderungen (Konkretionen) von Kalk, die sogenannten Lößkindel. Der Löß ist meist von gelblicher oder gelblichgrauer Farbe und färbt sehr

Fig. 275.



Lößwohnung im Wachtberge bei Krems.
(Nach Kraus, Höhlenkunde.)

Fig. 276.



Lößlandschaft mit Kastellformen, nördlich von Tai-yum-fu, Prov. Shansi.
(Nach v. Richthofen, China.)

leicht ab. Er wurde zuerst im Rheinthale näher untersucht, wo seine Mächtigkeit bis 30 m beträgt und wo man ihn, da er dort über dem Geröll lagert, als Diluvialbildung ansah. Bemerkenswert ist sein außerordentlicher Reichtum an Überresten diluvialer Organismen (Muscheln, Schnecken), die zum Teil noch der Jetztzeit angehören; aber auch Elefanten- und Hirschknochen, sowie Spuren des Menschen sind in ihm gefunden. Da der Löß ein sehr weiches Gestein ist, so hat er auch zu Wohnungen noch in historischer Zeit gedient (Überlingen am Bodensee, so auch im Donaugebiet, Fig. 275), die in den Lößwänden angelegt waren. Es ist wohl wahrscheinlich, daß mancher Löß durch die Mitwirkung des Wassers entstanden ist, aber die Verhältnisse des Gesteins am mittleren Lauf des Hoangho, welche durch Richthofen bekannt und aufgeklärt wurden, lassen keinen Zweifel, daß diese sowie die meisten übrigen Lößbildungen ein Produkt der Thätigkeit von Windströmungen sind. Im Great-Basin von Nordamerika, in Innerasien, in den Pampas sind diese Bildungen in großartiger Weise zur Ausbildung gekommen. In China besitzen sie eine Mächtigkeit bis 500 m; zu ihnen hat die Wüste Gobi das Material geliefert. Der Hoangho hat ein tiefes Thal mit senkrechten Lehmwänden ausgewaschen (Fig. 276), welches in seinem Charakter vollständig an die Cañons des Colorado erinnert (s. S. 485 u. an späterer Stelle). Er schwemmt viel von dem Material mit fort, und das ebene China verdankt seine Fruchtbarkeit zum Teil dem angeschwemmten Lößboden.

Fig. 277.



Mylodon robustus. Aus dem Pampasthone.

In Südamerika haben uns die Lösse der Pampas eine Unzahl von Überresten diluvialer Tierformen aufbewahrt, von Pferden, Tapiren (Mastodonten), Panthern, riesigen Faultieren (Megatherium, s. Fig. 174, S. 215, Mylodon, Fig. 277), von Gürteltieren (Glyptodon, Tl. I, S. 395, Fig. 509), welche beiden letzteren Tierformen noch heute in kleineren Formen charakteristische Vertreter für die südamerikanische Fauna sind.

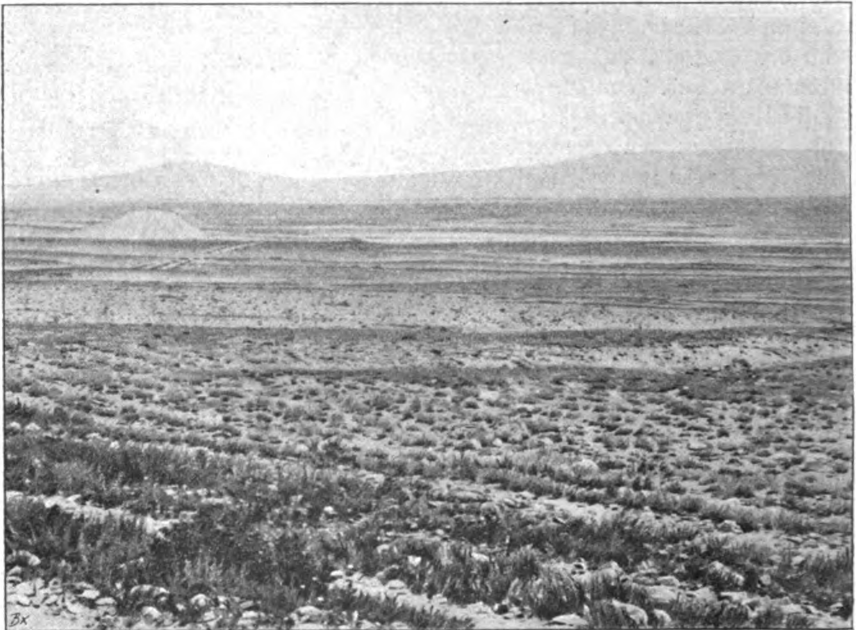
Schon zur Diluvialzeit war die amerikanische Fauna wesentlich von der Diluvialfauna Europas verschieden. So fehlen jener die Gattungen Rhinoceros, Hyaena, Hippopotamus, Myodes (Lemming), die in Europa sehr häufig waren, ganz, während Elefanten (Elephas americanus), Hirsche, Löwen besondere Typen zeigten. Charakteristisch ist die Form des Mastodon, eine ganz ausgestorbene Form, die dem Elefanten nahe stand.

Auch in Australien ist ein großer Teil des Bodens feinerdige, äolische Aufschüttung.

d) Steppen und Wüsten, Deflation und Denudation.

Steppen und Wüsten sind Bildungen, die heutzutage einen großen Teil (7,5 Proz.) der Erdoberfläche ausmachen, und welche Ausdehnung die Steppen (Fig. 278) haben, besagen die Namen Pampas (s. Fig. 279), Llanos, Prärie, russisch-asiatische Steppe (Südrußland, Kaukasien u. s. w.). Bei der Bildung beider haben wesentlich noch außer den rein geologischen Faktoren klimatische

Fig. 278.



Steppe von Karieteïn in Mesopotamien.

Verhältnisse, namentlich die Menge der Niederschläge und ihre Verteilung auf die einzelnen Zeiten des Jahres, mitgewirkt. Man kann den Lößboden als erodierte äolische Aufschichtung, den eigentlichen Steppenboden als erdige äolische Aufschichtung, einen Teil des Wüstenbodens (Steinwüsten) als durch äolische Denudation entstanden auffassen. Auch diese mögen hier noch einer kurzen Betrachtung unterzogen sein, wobei darauf hingedeutet werden mag, daß alle diese Verhältnisse ebensogut der physikalischen Geographie wie der Geologie angehören, da die erstere Wissenschaft doch darin mit ihre Hauptaufgabe sehen muß, die jetzt vorhandenen Bildungen an der Erdoberfläche, die Physiognomik (das äußere Aussehen) derselben aus den Ursachen, die sie hervorbrachten, zu erklären.

Zu Seite 544.

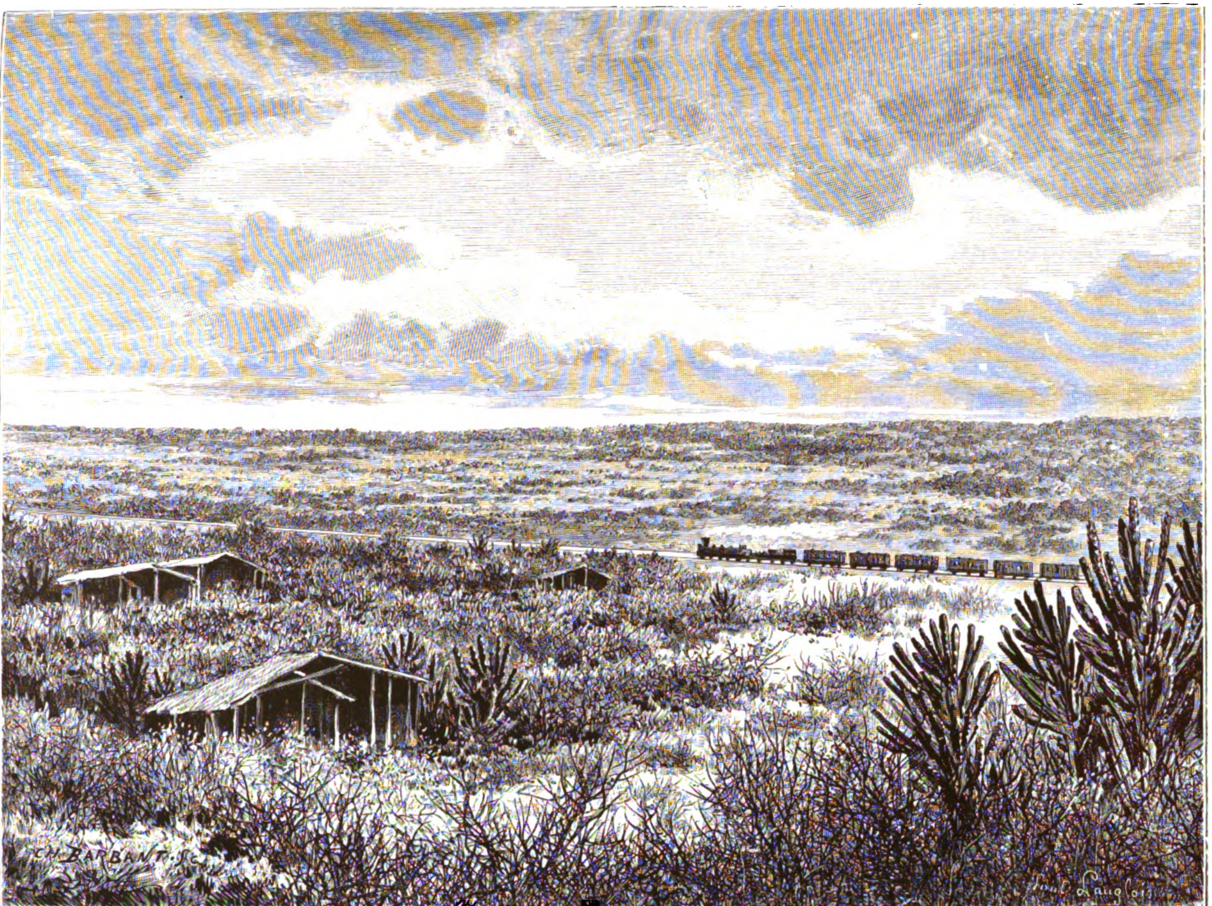


Fig. 279. Südamerikanische Pampas-Landschaft landeinwärts von Buenos Ayres, Argentinien.

Die Bildungen der Deflation (Sandschliffe, Erosion u. s. w.) gehen täglich unter unseren Augen vor sich. Der Wind vermag für sich allein je nach seiner Stärke leichtere oder schwerere Stoffe mit fortzutragen, die sich dann an den Stellen ruhiger Luft wieder absetzen. Hierdurch können die obersten Schichten entfernt werden (Denudationen). Eine Abreibung von festen Teilen durch den Wind kann nur an Vorsprüngen u. s. w. durch Abtrennen von Teilchen entstehen; denn obgleich der Winddruck sehr bedeutend ist (bei einem Sturm von 17 bis 28 m Geschwindigkeit in der Sekunde 34,4 bis 95,4 kg auf 1 qm, s. S. 537, Anm.), so wird eine glatte Fläche dadurch doch nicht beeinflußt. Die Winde tragen aber stets feste Stoffe mit sich, und diese werden, mit großer Heftigkeit gegen andere Körper geschleudert, Abreibungen, Abblasungen hervorbringen können. Jeder Wind kann Ein-

Fig. 280.



Dreikant.
(Nach der Natur.)

schnitte und Vertiefungen dadurch verursachen, daß er die gelockerten Bestandteile herausbläst, während die festeren stehen bleiben. Sind doch so die Tafelberge in der Karroo, die Mesas in den Steppen (Prärieen) Nordamerikas wohl mit unter Einwirkung der Winde entstanden. Während beide Wirkungen sich in den Steinwüsten besonders bemerkbar machen, kann man die letzteren Wirkungen auch oft an Felsen, Geröll und Gestein beobachten. Kiesel können dadurch vollständig geglättet werden; wenn sie den Hauptwindrichtungen gegenüber eine geeignete Fläche darbieten, entstehen wohl auch die sogenannten Facettgerölle oder Kantengerölle. Diese finden sich häufig in den Findlingen Norddeutschlands (Dreikante, Fig. 280, Fünfkante), während die Sandschliffe in den Wüsten häufig sind.

Gegen alle Wirkungen der Winde ist das beste Schutzmittel eine dichte Vegetation.

Eigentlich könnte man zu den äolischen Wirkungen einmal auch jene Wirkungen rechnen, die das Wasser, unterstützt vom Winde, stetig an unseren Küstenländern u. s. w. durch die Wellen hervorbringt, dann aber auch die Wirkungen der Brandungen und der furchtbaren Katastrophen der Sturmfluten und Orkanfluten, die mehr Menschenleben und mehr Eigentum zu Grunde richten, als große Vulkanausbrüche und Erdbeben. So sind im Laufe der Zeiten an den Nordseeküsten Hunderttausende von Menschenleben zum Opfer gefallen und weite Landstrecken untergetaucht, die sich jetzt als Watten oder Meerbusen unseren Augen darbieten; bei dem großen Orkan an der Gangesmündung (Juni 1822) verloren über 50 000 Menschen ihr Leben. Daß dadurch dauernde Änderungen des Bodens, also geologische Neubildungen hervorgerufen werden, wenn längst die äußeren Spuren der Verwüstungen verschwunden sind, ist leicht begreiflich. Noch im vorigen Jahrhundert (1827) ist die nördlichste Spitze Jütlands durch einen Durchbruch der Nordsee zum Limfjord zur Insel geworden, das Frische Haff hat einen besonderen Verbindungskanal erhalten, und ähnliche Durchbrüche haben den Zuydersee, den Dollart, gebildet und an der Ostseeküste die Strandgegenden verwüstet.

Bei allen diesen Wirkungen sind die Organismen, die die Erde bevölkern, in Mitleidenschaft gezogen und zerstört worden; sie haben aber oft durch ihren Tod und vielfach auch in ihrem Leben zum geologischen Aufbau der Erde beigetragen, Änderungen, die der folgende Abschnitt in kurzem Überblick darlegt.

D. Organogene Bildungen.

(Wirkungen der Organismen.)

Bei den heutigen Bildungen und Veränderungen der Erdoberfläche, welche durch das Wasser herbeigeführt werden, sind überall die Organismen beteiligt. Die Pflanzen wirken dadurch, daß ihre organischen Bestandteile nach dem Absterben bei Gegenwart von Wasser einem langsamen Verkohlungsprozeß unterliegen, der sich, je nachdem sie an der Oberfläche oder bedeckt mit Thon und Schlamm verwesen, verschieden vollzieht. So tragen in den obersten Bodenschichten alle Pflanzen durch ihre Verwesung, die sich durch die Lebensthätigkeit kleiner Wesen, der Bakterien, vollzieht, zur Humusbildung bei; in tieferen Schichten verwandeln sie sich in kohlige Massen, die der Braunkohle ähneln, wie man an dem Delta des Mississippi und an den untergegangenen Wäldern unserer Küsten beobachten kann; bei diesem Prozesse entwickelt sich derselbe Kohlenwasserstoff, wie bei dem weiteren Zersetzungsprozesse der Steinkohlen, das Sumpfgas, CH_4, welches aus dem schlammigen Boden der Sümpfe mit anderen Gasen (Luft und Kohlensäure) gemischt entweicht. Zur Bildung des Schlammes tragen auch kleine Organismen (Kieselalgen, Diatomeen, Tl. I, S. 89) bei, die auch bei der Bildung der Kieselguhr (S. 94) in früheren Epochen mit thätig waren, und noch heute sind die Diatomeen bei der Bildung des Flußschlammes von hoher Bedeutung; sie kommen in Flüssen und Häfen in ungeheurer Anzahl vor (viele Millionen Galionella-

schalen in 1 ccm). Im Hafen von Wismar sollen sich jährlich 650 cbm kieseliger Organismenreste absetzen, und in manchen Flüssen (Ganges) soll ein Drittel des Schlammes aus solchen Überresten bestehen.

Die Flechten, deren Wesen aus der Symbiose (dem Zusammenleben) von Pilzen und Algen erklärt ist, sind die pflanzlichen Organismen, welche ohne jeden Humus auf dem Fels zu gedeihen vermögen und seine Oberfläche verwittern lassen; die grauen, grünlichen, gelblichen, bröcklichen Überzüge der Gesteine zeigen uns diesen Vorgang; später siedeln sich auch andere Pflanzen, wie Moose, an, senken ihre Wurzelchen weiter in die Kapillaren des Gesteines, und höhere Pflanzen, die mit wenig Humus auskommen, helfen nach.

Die tierischen Organismen wirken bei der Bildung des Bodens nur in untergeordneter Weise mit, da bei der Verwesung schließlich meist eine vollständige Zersetzung des Körpers erfolgt, so daß z. B. die Weichkörper der Quallen, Schnecken und Muscheln keine Spuren hinterlassen, es sei denn, daß man die bituminöse Beschaffenheit gewisser Bildungen darauf zurückführen will. Hinzuweisen ist jedoch darauf, daß für die Humusbildung auch die Verwesung der tierischen Überreste in Betracht kommt. Wohl aber beteiligen sich die Tiere an der Oberflächenbildung des Bodens, wie wir im Abschnitt „zoogene Bildungen" noch sehen werden, durch Absonderungen, die widerstandsfähig sind, vor allem durch Ausscheidungen von kohlensaurem Kalk, dem dann oft etwas organische Substanz beigemengt ist; die Gehäuse der Schnecken, die Schalen der Muscheln, die Stöcke der Korallen bestehen aus diesem Material. Heutzutage haben die höheren Tiere durch ihre anorganischen Bestandteile, die Knochen, so gut wie keinen Einfluß, da sie sich in zu geringer Zahl finden, in früheren Perioden finden sich jedoch Gebilde, die aus solchen Überresten entstanden sind. Die Knochenbreccien der Mittelmeerländer bestehen aus einem durch Eisenoxyd rötlich gefärbten Kalkstein, der mit Schneckenschalen und Knochen von Elefanten, Flußpferden und Pfeifhasen (Lagomys) angefüllt ist. Überhaupt wird man festhalten müssen, daß die Bildungen, welche heutzutage unter Mitwirkung der Organismen vor sich gehen, auch in früheren Perioden der Erdbildung (Kohlen, Diluvialtorf, Korallenbauten) entstanden sind. Durch ihre ungeheure Anzahl wirken auch im Tierreiche die kleinsten Organismen mit am meisten. In früherer Zeit hat sich die Kreide zum größten Teil aus Überresten von Foraminiferen aufgebaut (zoogene Gesteine), und noch heute tragen die niederen Thiere in Meeren zur Neubildung bei. Die Schalen der Rhizopoden sind kieselig oder kalkig (Radiolarien und Foraminiferen); die ersteren finden sich in zahllosen Mengen im Meeressande, die letzteren ebenso im Meeresschlamm (im nördlichen Atlantischen Ocean bis 85 Proz. Foraminiferenschalen), der beim Erhärten ein der Kreide ähnliches Gestein liefern würde (s. S. 534 und 556).

1. Wirkungen pflanzlicher Organismen.

(Phytogene Bildungen.)

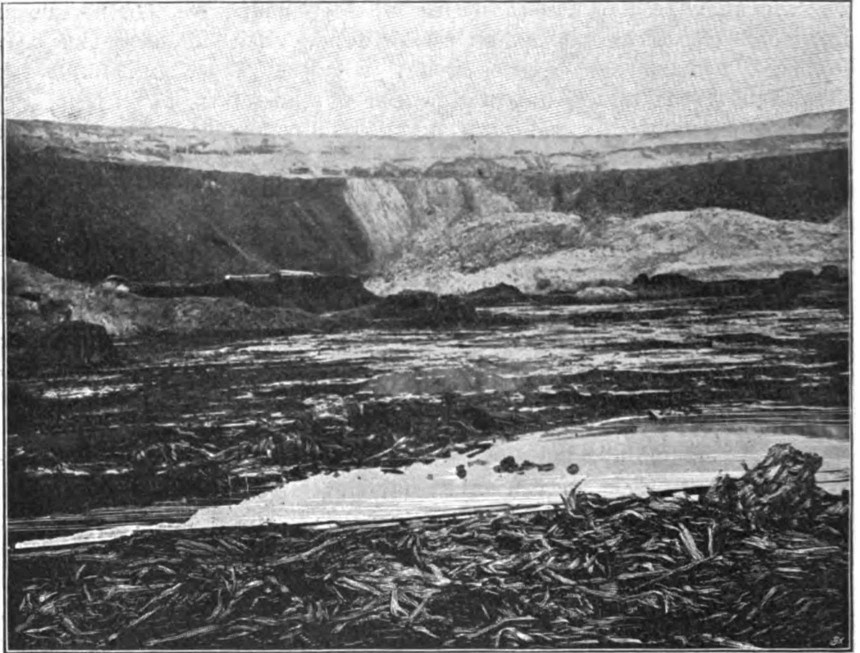
Von besonderen pflanzlichen (phytogenen) Bildungen mögen besonders hervorgehoben werden die unterseeischen Wälder und verkohlenden Baum-

stämme der Jetztzeit, sowie die Torfbildungen und Petroleumquellen, und einige Bemerkungen über Kohlenbildung und Bernstein sich anschließen.

a) Unterseeische Wälder.

Die unterseeischen Wälder sind Holzmassen, die unter Wasser, Schlamm, Sand untergetaucht werden, dort absterben und verwesen und sich in eine lockere

Fig. 281.



Diluvialer Taxodiumwald bei Groß-Räschen, Prov. Brandenburg.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

braune bis braunschwarze kohlige Masse verwandeln, die häufig noch die Holzstruktur des betreffenden Holzes zeigt (Fig 281). Dieses findet in großartigem Maßstabe statt an den Flußmündungen und Flußbetten der Ströme, die viel Treibholz mit sich führen, wie beim Mississippi, Amazonas; das Holz wird angespült, mit Sand und Schlamm bedeckt und unterliegt dem Verkohlungsprozeß. Ansammlungen von Treibholz finden sich auch in nordischen Gegenden, Grönland, Island (Surturbrand). Die Zersetzungsprodukte sind schon erwähnt (S. 203). Aber auch da, wo Wälder und bebaute Länder durch Senkungen oder Sturmfluten von Wasser bedeckt wurden, wie an der Sommemündung, an den Küsten von Yorkshire, am Firth of Forth, und wo Dünen über die

Wälder fortwandern, wie an der deutschen Ostseeküste, kommt es zu ähnlichen Vorgängen. Die braunen Baumstumpfe haben ihre Stellung vollständig beibehalten, die Struktur des Holzes ist vollständig sichtbar (vgl. Fig. 550, Tl. I, S. 377), und herangespülte braunkohlenartige Holzstücke an der Ost- und Nordseeküste bezeugen, daß dieser Prozeß schon lange Zeit vor sich gegangen sein muß.

b) Torfbildungen.

Bei weitem wichtiger sind die Torflager, die sich in fast ununterbrochener Reihe von der holländischen Grenze ab durch Norddeutschland hindurch bis zu den Grenzen Sibiriens vorfinden. Dort, im nordwestlichen Rußland und in ganz Nordsibirien, haben sie die gewaltigsten Entwickelungen in den ausgedehnten Mooren erfahren, die als Tundra bezeichnet werden und zu den ödesten Gegenden der Erde gehören, wie denn überhaupt die Moore, in denen die Torfbildung vor sich geht, nur eine geringe Benutzbarkeit zulassen.

Der Torf entsteht durch den Verkohlungsprozeß von Moosen (Sphagneen), Riedgräsern (Cyperaceen), Vaccineen, die sich in reichlichen Mengen im Sande entwickeln, unter Beihülfe von Wasser. Der Boden ist in den tieferen Schichten undurchlässig oder schwer durchlässig. Die Pflanzen wachsen leicht auf den abgestorbenen Massen weiter, ja das Sphagnum hat sogar die Fähigkeit, weiter zu wachsen und Wurzeln zu treiben, während die unteren Teile der Pflanzen absterben. Die Masse, die so entsteht, liefert nach dem Abstechen und Trocknen den Brenntorf. Derselbe enthält neben sehr viel Aschenbestandteilen organische, kohlenähnliche Substanz, die aber reicher an Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff und ärmer an Kohlenstoff ist als die Braunkohle.

Die Torfmoore (Moose) bilden sich oft auf Hochplateaus mit fester Gesteinsunterlage, die oft granitisch ist, so am Brocken (Brockenmoor), in der Rhön (hohe Rhön), Eifel (hohe Been). In Norwegen, Schottland sind sie außerordentlich verbreitet und auch die Hochmoore Oberbayerns (Dachauer, Freisinger Moor) schließen sich hier an. Die Bildung der Torfe und Moore in den Ebenen setzt Thon-, Mergel oder Felsboden und reichliche atmosphärische Niederschläge voraus. Die Bildung von Sümpfen hängt mit der Torfbildung aufs engste zusammen, ebenso die Heidebildung, die in solchen Gegenden bei Sandbedeckung entsteht und oft Moore in sich schließt (Lüneburger Heide). Bei den fruchtbaren Gegenden an der Meeresküste, den Marschen (Ditmarschen) u. s. w., die dem Meere abgewonnen sind, haben diese Prozesse nebst der Schlammbildung mitgewirkt, während in der Geest der Überrest der Heidebildung zu erblicken ist. Man sucht die großen Moore (Peel, Bourtanger Moor an der holländischen Grenze und die friesischen Moore) fruchtbar zu machen, früher durch einfaches Abbrennen im Sommer, wodurch viele Gegenden durch Rauch belästigt wurden (Höhenrauch, Westfalen); jetzt hat sich eine systematisch-wissenschaftliche Moorkultur entwickelt. In vielen Gegenden wird der Torf, der immer wieder entsteht und wächst, ausgebeutet (Rhintorf in der

Mark). Daß die Torfmoore einen sehr unsicheren Boden darbieten, Wegebauten gar nicht zulassen und gefährlich zu überschreiten sind, ist bekannt; geraten doch manchmal ganze Torfmoore in Senkung und Rutschung, namentlich nach lange dauernden Regengüssen, so daß dadurch Verwüstungen entstehen können, wie das beim Torfmoor von New-Rathmore in Irland (1896/97) geschah.

Die Torfschicht findet sich oft auf einer Schlammschicht, bisweilen nicht dicker als wenige Fuß (höchstens etwa $9^1/_2$ m) und vermag Gegenstände nach und nach zu umhüllen und aufzubewahren; so menschliche Körper (Fig. 282), Geräte und auch Überreste von Tieren; bekannt sind Torfbildungen an den Ufern der pommerschen, mecklenburgischen und einiger schweizer Seen; Pfahlbauten, eingerammte Pfähle für die Wohnungen der prähistorischen (vorgeschichtlichen) Menschen (Züricher-, Pfäffikon-See).

Nach dem Aussehen und der Abstammung wird unterschieden: Rasentorf, die oberste Decke der Moore, Moortorf aus den tieferen Schichten, in denen die Zersetzung weiter vorgeschritten ist, Moostorf, solcher, der sich aus den Torfmoosen gebildet hat und daher wieder erzeugt wird. Da alle pflanzliche Substanz in kohlige Masse übergeht, so kann man an vielen Stellen die Entstehung torfiger Erden beobachten, wie bei vielen See-



Fig. 282. Moorleiche im Kieler Museum vaterländischer Altertümer, entdeckt 29. Mai 1900 östl. von Damendorf (Schleswig) im Seemoor; etwa der Zeit zwischen den Jahren 200—400 n. Chr. angehörig. (Nach dem 42. Bericht des Museums.)

ufern. Durch Bedeckung mit erdigen Massen wird der Torf dichter, wie beispielsweise der Maartorf und Diluvialtorf.

c) Petroleumquellen.

Mit den erwähnten Bedeckungen pflanzlicher und tierischer Reste hängt wohl die Bildung des Petroleums (Steinöls) zusammen[1]), das sich in großen Mengen im Öldistrikt in Pennsylvanien vorfindet in Schichten, die dem Oberdevon angehören. Daß es unter hohem Druck steht, beweisen die Springbrunnen beim Erbohren vieler Quellen. Das Petroleum selbst besteht aus flüssigen Kohlenwasserstoffen von sehr verschiedener Flüchtigkeit. Nicht minder wichtig ist das Vorkommen in Transkaukasien (bei Baku am Kaspischen Meere, Halbinsel Apscheron, im Tertiär), aber auch sonst ist es in kleinen Mengen sehr verbreitet in Galizien, in Deutschland (Peine-Ölheim in Hannover). Die Erklärung der Entstehung aus Karbiden (Kohlenstoffmetallen) und Wasser scheint nicht gerechtfertigt, zumal ähnliche Produkte wie Naphta, Ozokerit, Erdwachs und Asphalt (Trinidad, Totes Meer, Bentheim in Hannover) sich vorfinden und häufig Gesteine und Sandschichten mit organischer Restmaterie von kohlenstoffhaltigen Substanzen durchtränkt sind (Petrolsand, Brandschiefer, Stinkschiefer, Ölschiefer, bituminöser Sandstein u. s. w.). Den Asphalt kann man als Oxydationsprodukt des Petroleums, den Bergteer von braunschwarzer Farbe als zähflüssiges Petroleum ansehen. Das Rohpetroleum muß erst gereinigt werden, wobei die verschiedensten Nebenprodukte gewonnen werden (Schmieröle, Vaseline, Benzin, Ligroin und Petroleumäther, s. Chemie, S. 434 ff.).

d) Kohlenbildung; Bernstein.

Im Anschluß an die Bildung des Torfes, an die Darstellung der Petroleumquellen und verwandter Erscheinungen ist vor allem die Kohlenbildung zu erwähnen. Wir können über diesen Teil der „organogenen" Bildungen, der wichtigsten, die es giebt, mit kurzem Hinweis hinweggehen, weil sich in der vorhergehenden Darstellung der geologischen Epochen schon wiederholt die Notwendigkeit gezeigt hat, auf die Kohlenbildungen einzugehen. Wie wir bei der Schilderung der Bildung der Steinkohle[2]) sahen, handelt es sich bei der Verkohlung im wesentlichen um ganz dieselben Prozesse, wie wir sie heute in der Bildung des Torfes vor sich gehen sehen und soeben besprochen haben. Die Kohlen sind älterer Torf, der Torf ist junge Kohle, so ließe sich dieses Verhältnis ausdrücken. Die Kohlenbildung ist also nicht an bestimmte geologische Epochen gebunden, wenn sie auch zu gewissen Zeiten, in bestimmten Erdperioden, in besonders hervorragender Weise stattfand. Je nach dem geologischen Alter und

---

[1]) Vgl. auch S. 426. — [2]) Vgl. S. 132, 203 und 268 ff; über Braunkohle vgl. S. 133, 214.

der daraus folgenden verschiedenen Beschaffenheit und Struktur der Kohle können wir besonders zwei Arten unterscheiden: die Braunkohle, die geologisch jüngere Bildung, und die Steinkohle, die, wie wir sehen, in vergangenen Erdepochen in so massenhafter Weise gebildet wurde, daß sie einem ganzen geologischen Zeitalter den Namen gab. Es mag hier noch einmal darauf hingewiesen werden, daß eine noch ältere Kohle als die Steinkohle vielleicht durch den Graphit dargestellt wird, jedenfalls besteht derselbe aus Kohlenstoff.

Endlich muß als phytogenes, von Pflanzen stammendes Gebilde der Bernstein erwähnt werden, der schon im Altertum bekannt war und der in vielfacher Weise zu Schmuckgegenständen bearbeitet wird. Er wird besonders an der deutschen Ostseeküste in reichlicher Menge gefunden (vgl. S. 131 und Teil I, S. 392).

Die Wirkung der Kalkalgen und Kieselalgen bei der Gesteinsbildung wird im Zusammenhang mit den gesteinbildenden tierischen Organismen kurze Erwähnung finden.

2. Wirkungen tierischer Organismen.

(Zoogene Bildungen.)

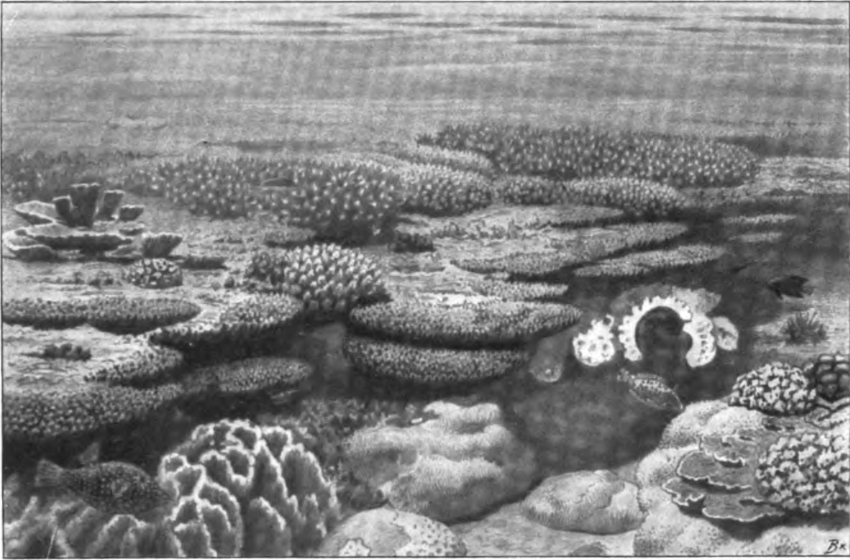
a) Korallenbauten.

Von den Bildungen, welche durch tierische Organismen noch jetzt entstehen, sollen in erster Linie die Korallenbauten kurz erörtert werden.

Die riffbauenden Korallentierchen, Fig. 283, Madreporen, Astraeen, Milleporen leben und gedeihen nur bei einer mittleren Temperatur des Meerwassers von 20 bis 25°; die nördlichsten Inseln, wo sie auftreten, sind die Bermudasinseln im Atlantischen Ocean. In großer Ausdehnung finden sich die Korallenbauten in den Tropen, im Indischen und Pacifischen Ocean; die Ratack- und Ralickinseln, die dem neuen deutschen Kolonialbesitz angeschlossen sind, die Gilbert- und Elliceinseln, die Gesellschafts- und niedrigen Inseln enthalten zahllose solche Gebilde; auch die Laccadiven und Malediven, sowie die Amiranten bestehen zum großen Teile aus solchen Bauten. Zahllose Korallenriffe an den Küsten und in einiger Entfernung von der Küste, wie das Hunderte von Kilometern lange Barriereriff vor Nordost-Australien, oder bis wenig unterhalb der Meeresoberfläche emporragende Inselstöcke machen die Schiffahrt in vielen dieser Gegenden gefährlich, wie z. B. in der Torresstraße. Auch im Antillenmeer und an der Küste von Florida finden sich zahllose Korallenbauten; ist doch Florida selbst wesentlich durch Korallenbauten entstanden und der Okeechobee-See im südlichen Teil eine Lagune.

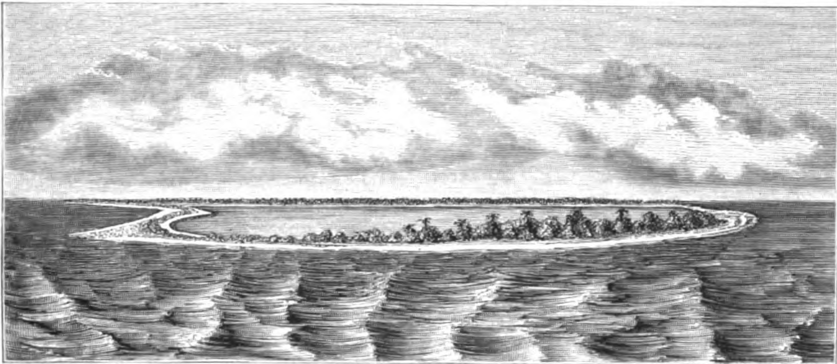
Die Bauten entstehen dadurch, daß Tausende von Tierchen, auf einem Stocke zusammenwohnend, auf den kleinen röhrenförmig zusammengelagerten Gehäusen ihrer Vorfahren weiter bauen; sie können nur bis zu einer Tiefe von 40 m leben und sterben im süßen und brakigen Wasser; bei breiten Korallenstöcken leben ebenfalls nur die äußersten Schichten (5 bis 10 mm tief), während die gesamten Bauten 8 bis 9 m dick sein können und häufig durch

Fig. 283.



Lebende Riffkorallen.
(Nach Neumayr, Erdgeschichte I.)

Fig. 284.

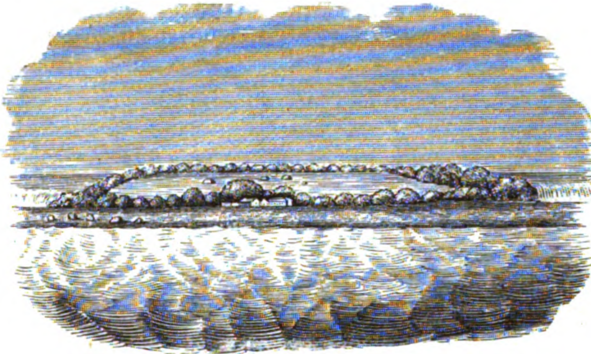


Ansicht eines echten Atolls; links Eingang der Lagune.
(Nach J. Dana)

Vereinigung mehrerer getrennter Bauten entstanden sind. Die Bauten treten in folgenden Formen auf:

Küsten- und Saumriffe, Strandriffe, die sich den Küsten unmittelbar anlehnen und an der Meeresseite steil abfallen. Da süßes Wasser für die riffbildenden Tierchen den Tod herbeiführt, sind dieselben an den Flußmündungen unterbrochen. Diese Bildungen finden sich häufig an den Kleinen

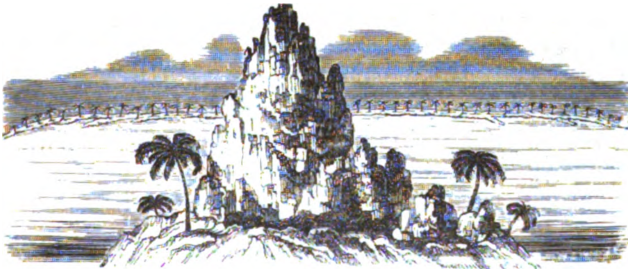
Fig. 285.



Ansicht der Pfingstinsel im Stillen Ocean.

Sundainseln und bei Tahiti. In vielen Fällen findet sich zwischen dem Riff und der Küste ein Wasserstreifen; nach außen fällt das Riff steil ab und kennzeichnet sich oft schon durch die schäumende Brandung. Die Breite der Riffe beträgt bis zu 3 bis 10 km, der Abfall nach dem Lande zu ist

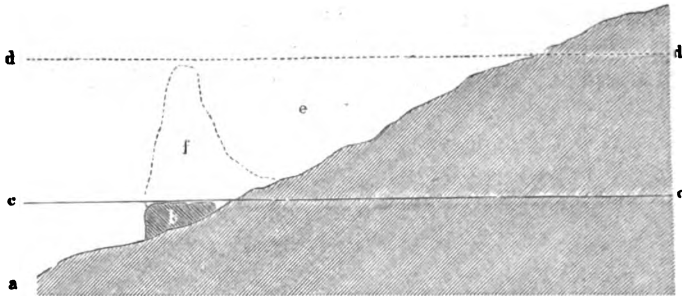
Fig. 286.



Ansicht der Insel Bolabola.

tiefer oder flacher, je nachdem sie sich der Küste in weiterer Entfernung, wie bei dem Barrierериff, oder näher anschließen, wie bei Neukaledonien. Es sind dies die Damm-, Barren- und Wallriffe. Bilden die Riffe mehr oder weniger kreisförmige, geschlossene oder unterbrochene Ringe, so führen sie den Namen Lagunenriffe oder Atolls (Fig. 284 u. 285). Nach innen zu sind sie flach; diese Wasserbehälter führen den Namen Lagune, aus der Mitte ragt noch oft anstehendes Gestein, der Rest einer ehemaligen hohen Insel hervor,

Fig. 287.



Umwandlung eines Küstenriffes in ein Dammriff durch allmälige Senkung.
a Küste, *b* Küstenriff, *c* früheres, *d* jetziges Meeresniveau,
e Lagunenkanal, *f* Dammriff.

Fig. 288 a.

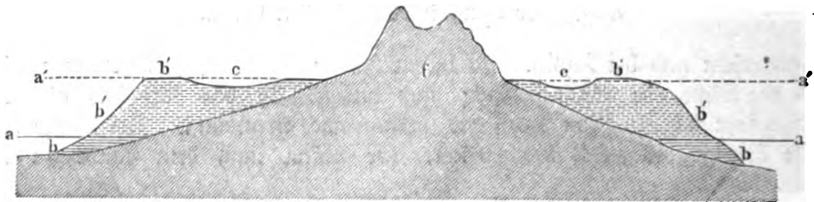
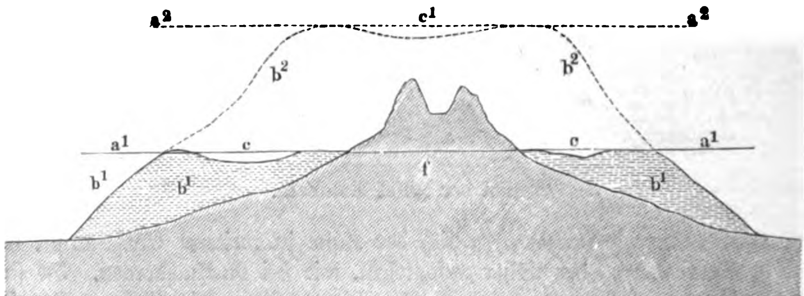


Fig. 288 b.



Durchschnitte der Koralleninsel Bolabola.
a Ursprüngliches, a^1 jetziges, a^2 künftiges Meeresniveau, *b* ursprüngliches Küstenriff,
b^1 jetzige Korallen-Riffbarriere, b^2 künftiges Riff, *c* Lagunenkanal,
c^1 künftige Lagune, *f* Inselfelsen.

wie bei Bolabola (Gesellschaftsinseln; Fig. 286, S. 553). Je nach dem Stadium der Bildung unterscheidet man offene Atolls, geschlossene Atolls, unterseeische Atolls und die Koralleninseln, bei denen der Ring, durch Trümmer angefüllt, festes Land darbietet.

Bei vielen Koralleninseln sind noch Lagunen vorhanden, die manchmal sogar süßes Wasser enthalten, bei anderen findet man Salzlagunen, bei noch anderen haben sich daselbst schon Torfmoore gebildet.

Über die Korallentierchen vergleiche man Tl. I, S. 360, während die nebenstehenden Abbildungen eine Vorstellung von diesen Inseln geben.

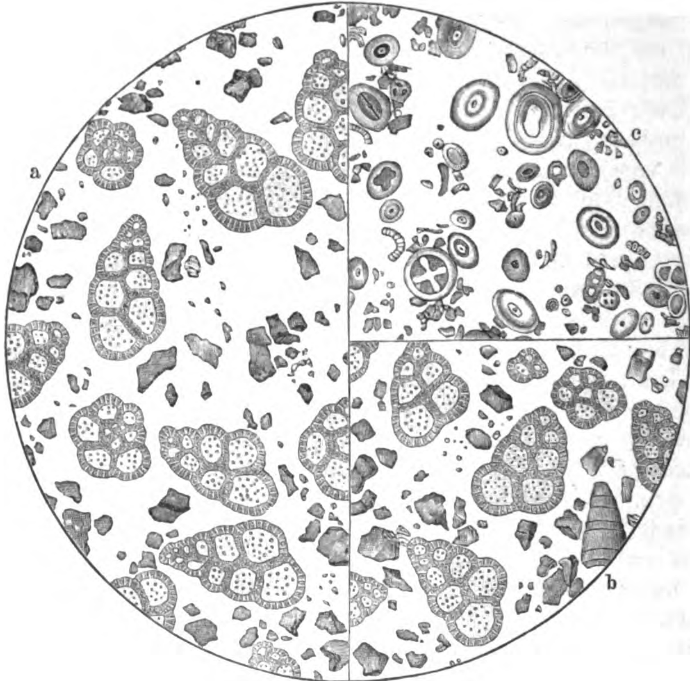
Im allgemeinen sind die Bauten erklärt durch Darwins Theorie der Senkung des Meeresbodens, die der Thatsache Rechnung trägt, daß die Tierchen nur bis zu verhältnißmäßig geringer Tiefe, etwa 40 bis 70 m, gedeihen. Diese Thatsache ist ohne die Annahme einer Senkung nicht vereinbar mit der großen Ausdehnung der Riffe in die Tiefe des Meeres. Der Verlauf wäre ungefähr folgender: Das erste Stadium ist das Küstenriff. Findet eine Senkung statt, so werden die Tierchen weiter bauen und einen Zwischenraum zwischen Land und Riff lassen, es entsteht ein Dammriff (Fig. 287), bei weiterer Senkung bleibt von der Insel die höchste Spitze in der Lagune, welche vom Riff eingeschlossen wird (Fig. 288 a); ist die Senkung noch weiter erfolgt, so wird auch dieser Punkt überwuchert und es entsteht ein Atoll (Fig. 288 b). Daß das Riff sich über das Meeresniveau erhebt, obgleich die Tierchen sofort in der Luft absterben, geschieht dadurch, daß durch die Wellen die verschiedensten Überreste, Bruchstücke des Riffs, Seetiere, Muscheln u. s. w. hineingetrieben und festgehalten werden. Durch Verwitterung der obersten Schicht und durch Überreste der Organismen entsteht ein ertragsfähiger Boden, und auf dem Ringe des Atolls bildet sich aus angespülten oder durch Vögel herangebrachten Samen Vegetation. Später verdunstet die Lagune oder wird ausgefüllt und eine flache Insel ist entstanden (eigentliche Koralleninseln). Manche betrachten die Atolle, Riffe und Koralleninseln als aufgesetzt auf unterseeischen Berggipfeln und Kratern; die in neuester Zeit ausgeführten Bohrungen haben schon in geringen Tiefen, 100 bis 150 m, auf Sand- und Schlammschicht geführt, eine Erscheinung, die mit der Senkungstheorie nicht in Einklang gebracht werden könnte. Wahrscheinlich werden die Bildungen verschieden erklärt werden müssen; auch läßt sich die Senkungstheorie leicht mit der Gipfeltheorie vereinigen.

b) Kreide-, Schlamm-, Kalk- u. s. w. -Bildungen.

Wie in der Jetztzeit, so sind die Korallen auch in anderen geologischen Epochen riffbildend aufgetreten und haben auf diese Weise zur Entstehung von Gesteinen, den sogenannten Korallenkalken, geführt. So im Silur, Devon, Jura und in der Kreidezeit. Aber nicht nur die Korallentierchen, sondern auch andere tierische Organismen haben sich zum Teil in hervorragender Weise an der Bildung der Erdoberfläche beteiligt. Hier können wir diese Bildungen nur kurz erwähnen. Es giebt jedoch kaum irgend eine Thatsache, durch welche wir uns so sehr die Wahrheit vor Augen führen können, daß

unscheinbare, kleine Ursachen in langen Zeiträumen zu den großartigsten Wirkungen führen können, als der Aufbau mancher Gesteine durch die Thätigkeit kleinster Lebewesen. Der Wanderer, welcher die Kreidefelsen Rügens, oder der Insel Möen, oder die weißen Klippen der englischen Südküste vor sich sieht, denkt wohl selten daran, daß hier fast mikroskopisch kleine Lebewesen zu Gebirgsbildungen geführt haben. In der That ist die Kreide aus den Ge-

Fig. 289.

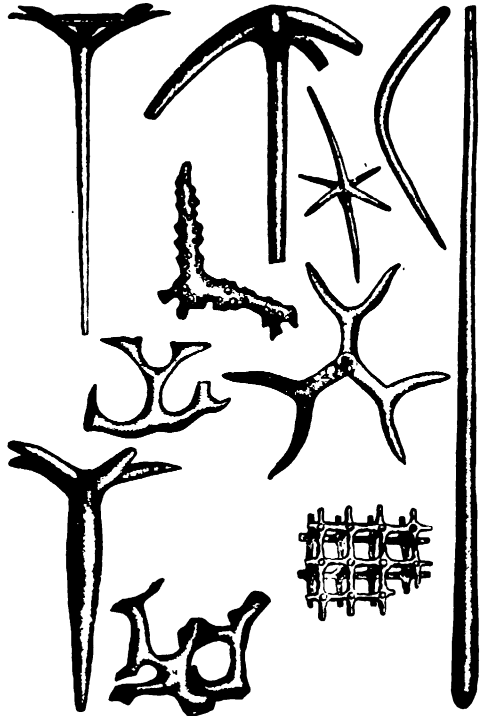


Schlämmrückstand von weißer Kreide: *a*) aus Sussex, *b* aus der Libyschen Wüste (in 150facher Vergrößerung), *c*) getrockneter Rückstand aus milchiger Kreideflüssigkeit (in 1200facher Vergrößerung).
(Nach Zittel in Neumayr, Erdgeschichte I.)

häusen kleiner einzelliger Lebewesen, vorzüglich der Foraminiferen, aufgebaut, wie die mikroskopische Untersuchung lehrt (Fig. 289). Es sind gerade die einzelligen Tierchen, welche in hervorragender Weise zur Gesteinsentstehung beitragen. Wir können uns eine Vorstellung von der Art und Weise dieser Entstehung machen, wenn wir erfahren, daß ein guter Teil des Meeresgrundes in bestimmten Tiefen ganz und gar mit Schlamm bedeckt ist, der aus den Gehäusen solch einzelliger Wesen besteht (Globigerinenschlamm, s. S. 194 und 534). Die Tiefseeforschungen der neueren Zeit haben uns über diese Verhältnisse sehr interessante Aufschlüsse gegeben. Es ist sehr wahrscheinlich,

daß die Gehäuse von Tierchen stammen, die an der Oberfläche des Meeres gelebt haben, wenigstens trifft man in den oberflächlichen Schichten viele dieser kleinsten Lebewesen an, während in den größeren Tiefen nur die Gehäuse gefunden werden. — Eine besondere Art des Kalksteins bildet der Nummulitenkalk des Tertiärs (vgl. S. 213). Die Nummuliten gehören zu den Thalamophoren, einer Unterordnung der Rhizopoden und können recht beträchtliche Größe erreichen, trotzdem auch sie nur einzellige Wesen darstellen. Sehr nahe verwandt mit den Nummuliten sind die Milioliden (von milium, Hirse). Sie haben dem Miliolidenkalk des Tertiärs den Namen gegeben. In mehr oder minder hervorragender Weise haben auch andere Tiere, die kalkige Schalen oder kalkige Skeletteile besaßen, an der Bildung kalkiger Gesteine sich beteiligt, Muscheln und Schnecken, überhaupt Mollusken, Echinodermen, gewisse Würmer und auch Wirbeltiere. Von pflanzlichen Organismen waren es die Kalkalgen, die durch ihre Thätigkeit Kalk bildeten (Nulliporenkalk u. s. w.). Aber nicht nur kalkhaltige Gesteine, Kalkablagerungen, sind durch die Thätigkeit der Organismen entstanden, auch bei Bildung kieseliger Sedimente können Organismen mitwirken. In der Tiefsee besonders hat man heutigestags viele Arten von Kieselschwämmen gefunden, d. h. Schwämmen, die ein kieseliges Skelett besitzen. Das Skelett wird aus einzelnen Teilen zusammengesetzt, die man Nadeln nennt, die aber mannigfache Figuren, Stern- und Ankerform, aufweisen können (Fig. 290). Diese Skelett„nadeln“ von vorweltlichen Kieselschwämmen haben ebenfalls, wenn auch in wenig ausgedehnter Weise, zur Bildung von Gestein beigetragen. — Kieselige Schalen besitzen die Radiolarien, einzellige Lebewesen. Die Schalen sind außerordentlich zierlich, von wunderbarer Feinheit und Regelmäßigkeit. In manchen Gegenden bedecken Gehäuse dieser Tierchen den Meeresboden. Endlich haben, wie die Kalkalgen zur Bildung von kalkigem Gestein, die Kieselalgen (Diatomeen) zur Bildung von kieseligem Material beigetragen.

Fig. 290.



Schwammnadeln.
(Nach Zittel, Paläontologie I, 1.)

Das bekannteste Beispiel eines kieseligen Gesteins, bei dessen Bildung

wenigstens wahrscheinlich die Thätigkeit der Organismen mitgewirkt hat, bietet der Feuerstein (vgl. S. 211).

Wie wir sehen, waren es hauptsächlich niedere Tiere, die durch ihre Massenwirkung die Oberfläche der Erde bilden bezw. verändern helfen. Die Reste der höheren Tiere (Wirbeltiere) kommen nur auf sehr beschränkten Stellen in Betracht (Knochenhöhlen — Knochenbreccie). Zu erwähnen ist noch der Guano, der Kot der Seevögel, der auf den Inseln an der Westküste Südamerikas stellenweise zu kolossalen Anhäufungen geführt hat; ferner wäre hier gleichfalls der zoogenetischen Seebildungen in Nordamerika (vgl. S. 504), sowie auch der durch Biberbauten hervorgerufenen Abdämmungsseen (vgl. S. 504 bezw. Tl. I, S. 231) zu gedenken.

E. Anthropogene Bildungen und Änderungen.

Der Mensch und die durch seine Thätigkeit herbeigeführten Umänderungen.

a) Änderungen allgemeinerer Art.

Von der Diluvialepoche an gesellten sich den Wirkungen der Natur die Umänderungen hinzu, die durch menschlichen Eingriff oder durch menschliche Thätigkeit hervorgebracht sind und von denen einige gelegentlich der Frage über das Alter des Menschengeschlechts angeführt oder auch sonst erwähnt wurden (vergl. Abschnitte Seeen, Flüsse). Man kann diese Veränderungen der Oberflächengestaltung als anthropogene oder industrielle Bildungen bezeichnen. Dazu gehören, abgesehen von Waffen, Werkzeugen und Gerätschaften aller Art, die Abfälle, die sich an Wohnstätten zu finden pflegen (Topfscherben u. dergl.). Die alten Wohnstättenüberreste haben uns in Amerika über Menschengeschlechter Nachrichten gegeben, von denen sonst keine Spur geblieben ist (Arizona), ähnlich in Südafrika, und ihre Bauwerke sind Denkmäler von Kulturen geworden, von denen nichts blieb. Bewässerungsanlagen (Turkestan) deuten auf eine hohe Blüte jetzt öder Gegenden. Ganz besonders sind es die Grabstätten mit ihren Funden, welche den folgenden Generationen über die Verhältnisse des Menschengeschlechts zur Erdentwickelung Nachricht überliefern, bis aufbewahrte geregelte Aufzeichnungen Nachrichten geben. Nachdem die Erde der kulturellen Thätigkeit der Menschen überall erschlossen, und die Naturwissenschaften die Ausnutzung der natürlichen Verhältnisse gelehrt und den Menschen die Mittel an die Hand gegeben haben, sich vor vielen Schädigungen zu bewahren, sind wir gewohnt, unsere Zeit als eine in der jetzigen Fortentwickelung fortschreitende aufzufassen und können uns nur schwer von späteren Jahrtausenden eine Vorstellung machen, Phantasiebilder, die noch viel schwieriger auszumalen sind, als die Bilder über prähistorische Vergangenheit. Freilich würde das Menschengeschlecht von seiner Thätigkeit jetzt viel gewaltigere Spuren hinterlassen, als je eine Generation zuvor, die kolossalen Anhäufungen in Städten, die Wegeanlagen,

Tunnel und Kanäle, Bergwerk- und Telephonanlagen, müßten Zeugen hinterlassen, aus denen sich vieles wieder zusammensetzen ließe. Üben sie doch jetzt schon einen wesentlichen Einfluß auf die Zusammensetzung der Luft, die Beschaffenheit des Wassers und des Bodens aus. Bilden sich doch in dem Boden bewohnter Orte besondere Mineralien (Struvit, Salpeter, Gips), und wenn man die Schichten der Kulturstätten systematisch untersuchen wollte, würden gewiß noch andere Neubildungen gefunden werden.

Die Überreste des Menschengeschlechts selbst haben, trotz dessen großer Zahl, wenn sie nicht in Totenstädten aufbewahrt wurden, wenig Veränderungen hinterlassen. Die Spuren der Völkerschlachten und Kriege der Menschen verschwanden bald von der Erdoberfläche, kaum, daß die Verteidigungswerke hügelartige Erhebungen zurückließen, wie manche Schanzen (z. B. die Tillyschanzen) in Norddeutschland. Selbst wo viele Tausende im Tode dahinsanken und dem natürlichen Zersetzungsprozeß anheimfielen (Schlacht auf den katalaunischen Feldern), sind nach einer kurzen Spanne Zeit keine Überreste mehr vorhanden, und ebenso sind die Verwüstungen des Dreißigjährigen Krieges, des furchtbarsten, der Deutschland heimsuchte, verschwunden; nur die Wüstestätten von Ortschaften und altes verfallenes Gemäuer von Dörfern und Burgen geben noch Kunde von diesen Verheerungen.

Um bei den ersten Anfängen des Menschengeschlechts zu beginnen, so schließen sich diese an die Diluvial- und Alluvialepoche an, und die Verhältnisse werden dort zur Sprache kommen; die Wirkungen des prähistorischen Menschen sind ebenfalls schon angedeutet, die Pfahlbauten in den Torfseeen der Schweiz und Mecklenburgs, die Küchenabfallhaufen (Kjökkenmöddinger) und die Grabbauten, die unter den verschiedensten Namen, Dolmen, Hünengräber, Totenfelder bekannt sind.

Im Anschluß an die Skizze „Höhlen" wird sich Gelegenheit bieten, bei dem Abschnitt „Verwendung der Höhlen" (z. B. als menschliche Wohnungen) das eine oder andere ausführlicher darzustellen; hier handelt es sich um die dynamischen Wirkungen des jetzigen Menschengeschlechts. Die historischen Denkmäler bilden eine besondere Wissenschaft, die Archäologie, die nicht einmal im Fluge berührt werden kann; auch die verderbenbringende Wirkung, welche unser Geschlecht auf die Vernichtung verschiedener Tier- und Pflanzenformen ausübt, mag nur angedeutet werden. Wie in früheren Epochen Tierarten durch uns nicht bekannte Gründe untergingen (Tiere der Diluvialepoche), so vollzieht sich dies in unseren Tagen durch Menschenhand. Die Organismen, die wenig widerstandsfähig oder wenig in der Lage sind, sich Verfolgungen zu entziehen und sich in geringer Zahl vermehren, erliegen der Hand des Menschen schnell, so die schwerfälligen Vögel auf Isle de France, die Dronten oder Dodos, so der Moa auf Neuseeland, so die (bereits ausgestorbenen) Riesenvögel auf Madagaskar; so wird bald der Emu verschwunden sein, wie dies bereits mit Stellers Borkentier, das Ende des achtzehnten Jahrhunderts den nördlichen Großen Ocean bevölkerte, geschehen ist. Bald wird auch der Seeotter, der ebenda lebt, zu den ausgestorbenen Tieren zählen; die zahllosen Büffelherden der Prairien sind auf wenige Hunderte zusammengeschmolzen, die in dem Naturreservatbezirk des „National Park" ihre Pflege finden. Auch die Antilopenherden Südafrikas

sind sehr zusammengeschmolzen, und bald werden der Elefant und das Nilpferd zu den seltensten Tieren gehören.

Auch gewisse Pflanzen sehen ihrem Verschwinden entgegen. Auf dem Brocken ist der Teufelsbart (Anemone alpina), auf dem Riesengebirge das Habmichlieb (Primula minima), in den Alpen das Edelweiß (Gnaphalium leontopodium) im Schwinden, und diese und andere Gebiete müssen durch besondere Verbote gegen den Vandalismus vieler Touristen geschützt werden. Nicht bloß die alten Baudenkmäler, sondern nicht minder die Tier- und Pflanzenformen, die der Kultur zu unterliegen drohen, sollten die Menschen schützen, denn sie sind Glieder im großen Ganzen der Naturentwickelung. Je mehr sich Industrie, Kultur, Plantagen- und Ackerbau ausbreiten, desto mehr sinken alle entgegenstehenden Organismen dahin, und selbst Rassen unseres Geschlechts, welche die europäische Kultur nicht ertragen können, sind dem Untergange geweiht, wie die Australneger, die schon lange aus Vandiemensland verschwunden sind und bald auch auf dem Australkontinent der Ausbreitung der europäischen Kultur unterliegen werden.

b) Umbildungen zu Kultur- und Industriezwecken.

Was für gewaltige, bleibende, geologische Umänderungen aber bringt nicht die immer weiter um sich greifende Industrie, die Vervollkommnung der Technik, sowie das Bedürfnis hervor, die Stätten des Fleißes und der Arbeiten zu sichern, den Verkehr zu erleichtern und zu erweitern, Bequemlichkeit und Luxus zu befriedigen! Nur kurz mögen jene geologischen Änderungen, welche dauernde Gebilde hervorgebracht haben, skizziert werden. Freilich würden sie, wenn nicht die sorgende Hand der Menschen sie erhielte, bald zerstört werden und im Laufe der Jahrhunderte würden andere Bildungen an ihre Stelle treten.

α) Veränderungen an den Küsten (Deiche, Polder).

Die Nordseeküste wird in Deutschland und Holland durch Deiche und Dämme geschützt; in letzterem Lande hat man die zum Teil tiefer als der Meeresspiegel gelegenen Polders trocken gelegt. Der größte von ihnen, der Haarlemer Polder, bildete vor 60 Jahren noch das 4 m tiefe Haarlemer Meer. Die Trockenlegung erfolgte in den Jahren 1840 bis 1853, und $3^1/_2$ Quadratmeilen (geogr.) wurden gewonnen. Jetzt geht man damit um, den südlichen Teil des Zuydersees (196 690 ha) auszupoldern. War er doch zur Zeit der Römer noch geschlossen (See Flevo, später Middelsee) und wurde erst durch die Sturmfluten des 13. Jahrhunderts zu einem Meeresteil. Von der Mündung der Yssel bis Enkhuyzen würde er sich leicht abgrenzen lassen, da die Tiefe nur 1 bis 4 m beträgt. Auf der beigegebenen Karte (Tafel VI[1]) sind die trocken zu legenden Stücke nach der Reihenfolge ihrer Urbarmachung mit den Ziffern I bis XI bezeichnet; zuerst wird eingedeicht das Wieringer Meer (I und II des Planes, 21 500 Hektar), dieses in vier Polder mit eigenen Deichen ge-

---

[1]) Nach R. Hansen in Globus Bd. 63, S. 8.

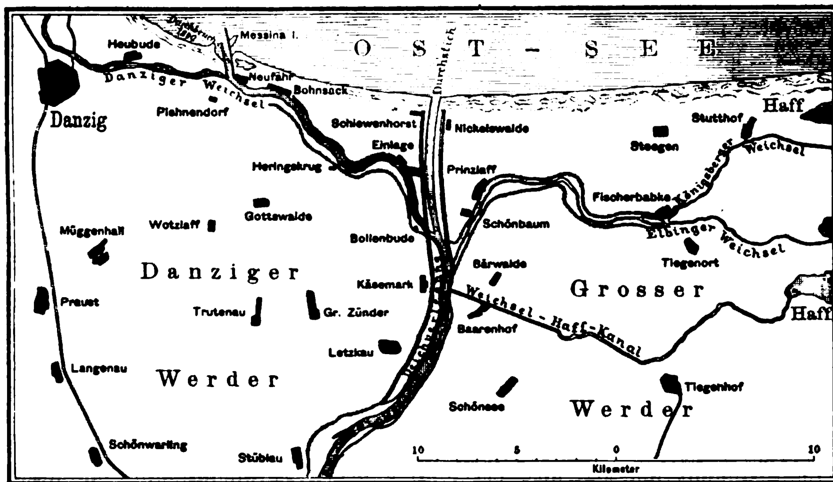
teilt und davon zwei trocken gelegt, die dann verkauft werden; der Rest bleibt vorläufig Wasserfläche, bis der günstige Zeitpunkt für die Trockenlegung da ist. Amsterdam steht schon lange durch einen direkten Kanal (Noordzee Kanaal) mit dem Meere in Verbindung, und Nordholland wird, wie die südlichen Provinzen, nach dem Meere durch die Dünen, nach dem Zuydersee zu durch Dämme geschützt, da es etwa 4 bis 5 m unter dem Wasserspiegel liegt. Auch hier ist viel Land als Polder gewonnen.

Die deutschen Küsten in Friesland bieten zum Teil ähnliche, wenn auch nicht so auffallende Verhältnisse dar; aber hier und dort ist auch ein anderes Naturwunder im Schwinden begriffen, das Moor und die Heide, von denen schon ganz beträchtliche Stücke als Kulturland gewonnen sind (Lüneburger Heide, Vehne Moor in Oldenburg, Peel und Bourtanger Moor in den Niederlanden).

β) Veränderungen an den Flußläufen.

Noch auffälliger sind die Veränderungen an den Flußläufen. Teils als Schutz gegen Überschwemmungen, teils in der Absicht, das Wasser beim Herabsinken vom höheren zum tieferen Niveau als billige Kraftquelle nutzbar zu machen, werden überall in Deutschland und anderen Kulturländern Korrektionen vorgenommen, Staubecken und Thalsperren angelegt. Viele dieser Änderungen werden bleiben.

Fig. 291.



Die neue Weichselmündung.
(Nach Annalen der Hydrographie 1895).

Stromkorrektionen. Die Weichselmündungen bieten jetzt ein ganz anderes Bild dar als vor 50 Jahren (vgl. das Kärtchen Fig. 291). Das ganze Weichseldelta zwischen Nogat und Weichsel ist außerordentlich durch Wasserbauten umgeändert. In den 1830er Jahren führte die Nogat mehr

Wasser, 1845 bis 1851 wurde der alte Nogatzugang geschlossen und der Nogatkanal gebaut. Anfang Februar 1840 entstand die Weichselmündung bei Neufähr. Der Hauptzugang zu Danzig wurde durch einen Kanal bei Neufahrwasser hergestellt (Westeinfahrt), während die alte Mündung, die Nordeinfahrt, abgedämmt ist. Jetzt sind alle diese Mündungen eigentlich tot gelegt, nachdem der Weichseldurchstich 1895 bei Schiewenhorst und Nickelswalde, östlich von Neufähr, die Hauptmündung der Weichsel darstellt. Auch bei anderen Flußmündungen Deutschlands sind bedeutende Veränderungen vor sich gegangen und zum Teil großartige Kunstbauten vorgenommen worden, um die Zugänglichkeit der Flüsse zu erleichtern.

Bei den Korrektionen der Flußläufe handelte es sich einmal darum, scharfe kurze Biegungen und tote Arme abzuschneiden, dann aber auch, einen schiffbaren Mittelstrom zu erhalten. Die Uferdämme, **Buhnen**, von denen die flußabwärts gerichteten oder **Ablenkungsbuhnen** wegen ihres Mangels an Zuverlässigkeit und ihrer Kostspieligkeit jetzt wenig angewandt werden, während die stromaufwärts gerichteten, die meist einen Winkel von 30 bis 60° mit dem Ufer bilden, wirksamer sind, können daher verschiedenartigen Zwecken dienen. Die **Fangbuhnen** sollen mitgerissenen Schlamm, Kies u. s w. auffangen; die **Treibbuhnen** sollen das Wasser nach einer bestimmten Richtung zwingen, so daß das gegenüberliegende Ufer oder auch eine Sandbank abgespült wird. Die **Schutzbuhnen** decken das Ufer; Aufgaben anderer Art haben die **Schöpf-**, die **Sperr-**, die **Pfahl-** oder **Ankerbuhnen**, die **Trennungs-**, die **Rauschbuhnen** zu erfüllen. Elbe und Oder bieten auf vielen Strecken ihres Laufes hierfür ein leicht zugängliches Anschauungsmaterial.

Von den vielen Stromkorrektionen, die jetzt fast überall, selbst bei kleinen Flüssen, vorgenommen werden oder bereits durchgeführt sind, so daß auch da jedem Leser ein Beispiel zur Hand sein dürfte, sollen nur noch einige Verhältnisse vom Rhein angeführt werden. Da die Flüsse beständig Geröll, Sand, Kies, Schlamm mit sich führen und diese Massen namentlich da absetzen, wo die Strömungsgeschwindigkeit bei geändertem Gefäll, besonders bei Krümmungen, eine Änderung erfährt, so ist es im Interesse der Schiffahrt notwendig, solche Ansammlungen zu entfernen. Dies geschieht durch **Baggerung**.

Die eigentlichen Stromkorrektionen verfolgen die oben bezeichneten Wege und werden in großartiger Weise bei unserem Rhein durchgeführt. Bei Düsseldorf wird dem Rhein ein neues Ufer gegeben, und dasselbe ist bei vielen anderen rheinischen Städten geschehen (Bonn, Mainz). Die großartigste Umänderung hat aber der Lauf zwischen Straßburg und Mannheim (namentlich bei Germersheim, Rheinzabern, Philippsburg) erfahren. Wirft man einen Blick auf eine alte Karte aus dem Anfange des vorigen Jahrhunderts, so bemerkt man eine Unzahl von Schleifen, toten Armen, Inseln, Werdern u. s. w. Häufig wurde die Gegend überschwemmt, unbenutzbare, der Gesundheit schädliche Ländereien blieben zurück. 1818 bis 1872 wurde ein gerader Thalweg für den Rhein geschaffen, es fand eine Abkürzung des Laufes um 72 km statt, und nach und nach wird sich

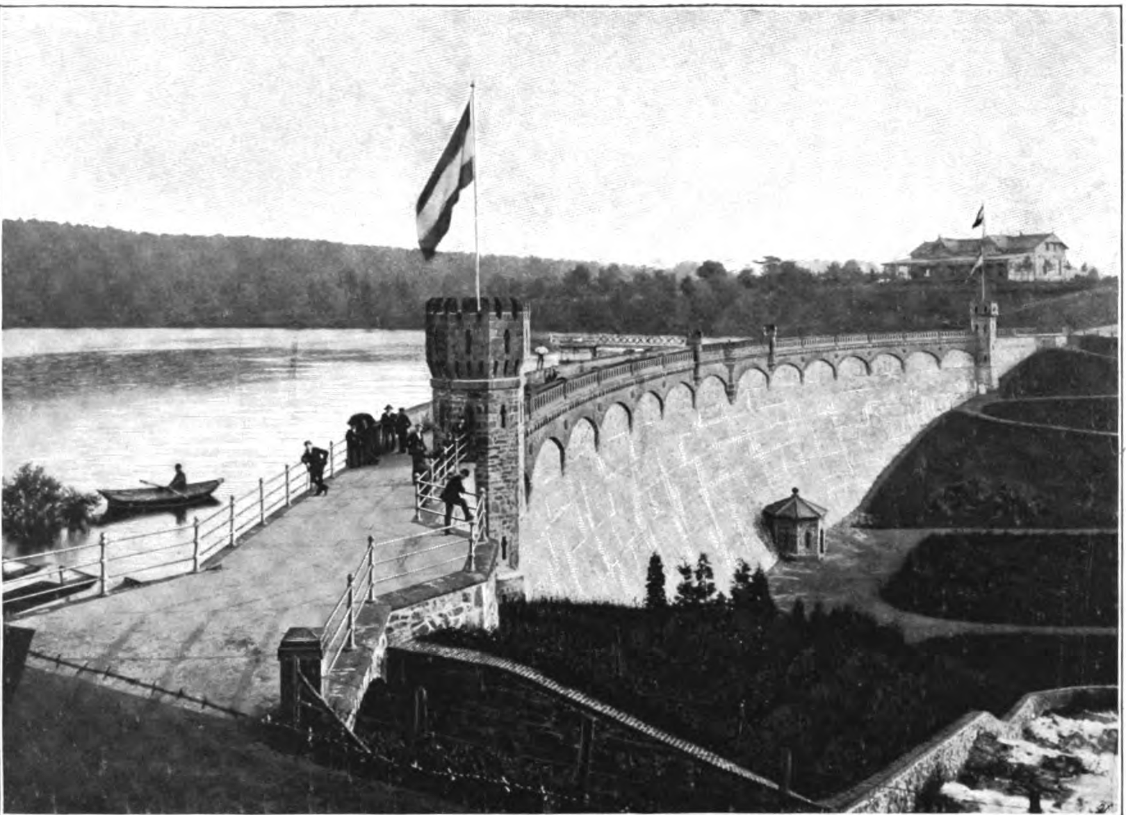


Fig. 292. Die Thalsperre bei Remscheid.
(Nach einer photographischen Aufnahme von Hugo Mende in Remscheid.)

dieser Teil der Rheinebene zu fruchtbarem und anbaufähigem Boden umgestalten.

Von den Thalsperren mag ganz kurz die Remscheider Thalsperre als eine der bekanntesten beschrieben werden. Die etwa 350 m über dem Meeresspiegel auf einem Bergkegel gelegene Stadt Remscheid benutzte seit dem Jahre 1883 als Wasser für ihre Wasserleitung das Grundwasser, welches im Südwesten der Stadt, im Eschbachthale, etwa 200 m über dem Meeresspiegel, in mehreren Brunnenschächten gesammelt und von dem niedrigsten von ihnen mittels Pumpen nach einem inmitten der Stadt erbauten Hochbehälter emporgehoben wurde. Diese Wasserversorgung erwies sich nach kurzer Zeit als unzureichend, und es wurde daher im Dezember 1888 der Bau einer Thalsperre beschlossen, deren Anlage man schon bei Errichtung des oben erwähnten Wasserwerks vorgesehen hatte. Eine für die Ausführung des Bauwerks geeignete Stelle fand sich etwa 1200 m oberhalb der Pumpstation, wo ein Seitenthal, das Borner Thal, in das Eschbachthal mündet. Nach Beendigung umfangreicher Vorarbeiten, zu denen, abgesehen von der Prüfung des Untergrundes auf seine Brauchbarkeit für den geplanten Bau, in erster Linie die Ermittelung der jährlichen Niederschlagsmengen in dem 4,5 qkm großen Niederschlagsgebiet, sowie die Bestimmung der Abflußmengen, ferner die wiederholte chemische und bakteriologische Untersuchung des fließenden und stehenden Wassers, sowie des Grundwassers gehörte, wurde der Bau der Thalsperrenmauer im Mai 1889 begonnen und im Herbst 1891 zu Ende geführt.

Wie die hierneben eingeschaltete Abbildung Fig. 292 zeigt, besitzt der Grundriß der Mauer, die das 1 Million Kubikmeter Wasser fassende Staubecken thalwärts begrenzt, die Gestalt eines nach außen geöffneten Kreises, dessen Radius 125 m beträgt; ihre Kronenlänge mißt 160 m. Da sie sich an beiden Seiten wie gegen ein festes Widerlager an die Felsabhänge des Thales anlehnt, so wird durch diese Form bei eintretendem Wasserdruck eine Abdichtung gegen die Felswände und eine Dichtung der Fugen im Innern bewirkt. Diese Gewölbewirkung könnte für sich allein den vollen Wasserdruck des gefüllten Bassins aufnehmen. Die Gesamthöhe der Mauer beträgt (von der 2 bis $2^1/_2$ m tief in den Felsen eingemauerten Fundamentsohle an bis zur Mauerkrone) rund 25 m. Die Dicke der Mauer nimmt von oben nach unten beträchtlich zu (sie beträgt in der Krone 4 m, in der Fundamentsohle 15 m), damit möglichst vorteilhaft die Kraftwirkungen aufgenommen werden können, deren Resultierende bei gefülltem Becken mit einer Lotrechten einen Winkel von etwa 25° bildet. Demgemäß wird die Zunahme der Dicke fast ausschließlich durch die Böschung auf der Außenseite bewirkt, während die Innenfläche um 84° gegen den Horizont geneigt ist, also nahezu lotrecht steht.

Besondere Sorgfalt wurde auf die Abdichtung der Wasserseite verwendet, weil beim Vorhandensein kleiner Fugen das in das Innere des Mauerwerks dringende Wasser dessen Festigkeit außerordentlich beeinträchtigt und namentlich durch die beim Gefrieren sich bethätigende Sprengwirkung zu einer Zerstörung desselben führen kann. Es wurde ein (auch gegen wechselnde Temperatureinflüsse) sorgfältig geprüfter Traßcement verwendet, und ferner wurde das

Mauerwerk auf der Wasserseite mit einem Cementmörtelverputz versehen, der einen zweimaligen Anstrich aus Goudron (s. Chemie S. 437) und Holzcement erhielt. Diese Schicht wird noch in besonderer Weise auf dem Boden durch Anstampfung von Erdreich, an der Oberfläche durch eine 0,5 m dicke Verblendung aus Ziegeln, gegen die Einwirkung des Wassers, sowie der Temperaturschwankungen geschützt.

Eine nicht unwesentliche Sicherung gegen eine Überflutung der Mauerkrone, wie sie bei ungewöhnlich starken Regengüssen eintreten könnte, gewährt der am rechten Thalabhang befindliche, 20 m lange (auch auf der Abbildung gut erkennbare) Überlauf. Zu demselben Zwecke ist beiderseits eine 40 m lange Strecke der Mauerkrone nicht mit einer Brüstung versehen. Eine Unterwaschung der Mauer ist, selbst beim Überlaufen des Wassers auf der ganzen Kronenlänge, nicht möglich, weil die Mauer mehrere Meter tief in den festen Felsen (Lenneschiefer des oberen Devon) eingelassen ist. Aus der Schilderung geht hervor, daß in umfangreichem Maße Vorsichtsmaßregeln gegen eine plötzliche Entleerung des Staubeckens getroffen sind, die natürlich zu den verhängnisvollsten Katastrophen führen müßte, wie dies bei dem Dammbruch einer Stauweiheranlage bei Williamsburg (Massachusetts) im Jahre 1874, und erst in neuerer Zeit noch im April 1895 bei Bouzey unweit Epinal (Dep. Vogesen) der Fall war. In der Mitte der Mauer befindet sich ein mit ihr durch eine Brücke verbundener Sammelturm (vergl. die Abbildung), in welchen mittels besonderer Thonrohrleitungen das Wasser unmittelbar von den Eintrittsstellen der beiden Hauptzuflüsse zum Thalbecken geleitet wird, nachdem es beim Eintritt in eigenen Brunnenstuben mit Schlammfängen gereinigt ist. Dieses besonders reine und klare Wasser ist als Trinkwasser für die Stadt bestimmt. In den trockenen Sommermonaten kann es durch Stauwasser aus den untersten und ruhigsten Schichten des Beckens ersetzt werden, welches zu diesem Zwecke durch Schichten von Geröll in den Sammelturm eingelassen werden kann. Von ihm aus gelangt das Wasser zunächst in einen Schacht, und dann in den Rohrstollen der Sperrmauer, um von dem am Fuße des letzteren sichtbaren Schieberhause aus nach der Pumpstation zu fließen. Dort wird seine lebendige Kraft zunächst zum Betriebe einer Turbine nutzbar gemacht, welche im Verein mit einer Dampfmaschine eine Pumpe in Thätigkeit setzt; durch diese wird das Wasser nach den beiden in der Stadt Remscheid befindlichen Wassertürmen gehoben. Das Wasser, welches mittels einer zweiten, ebenfalls durch das Schieberhaus gehenden Rohrleitung der Oberfläche des Staubeckens entnommen wird, dient zum Betriebe der zahlreichen im Eschbachthal liegenden Triebwerke.

In Deutschland ist die Zahl der Stauweiher verhältnismäßig klein; doch denkt man jetzt daran, sie planmäßig zu vermehren, und zwar eignen sich besonders die Provinzen Rheinland und Westfalen zu derartigen Anlagen. In einigen Gebirgen hat man schon vor langer Zeit natürliche Seeen zu Staubecken umgewandelt (S. 505), wie namentlich im Harz, der allein im nordwestlichen Teile 67 Stauweiher enthält, und dessen gesamte Teiche eine Fläche von mehr als 250 ha bedecken und 9 bis 10 Millionen Kubikmeter Wasser fassen. Auch im Elsaß sind viele natürliche Seeen in gleicher Weise

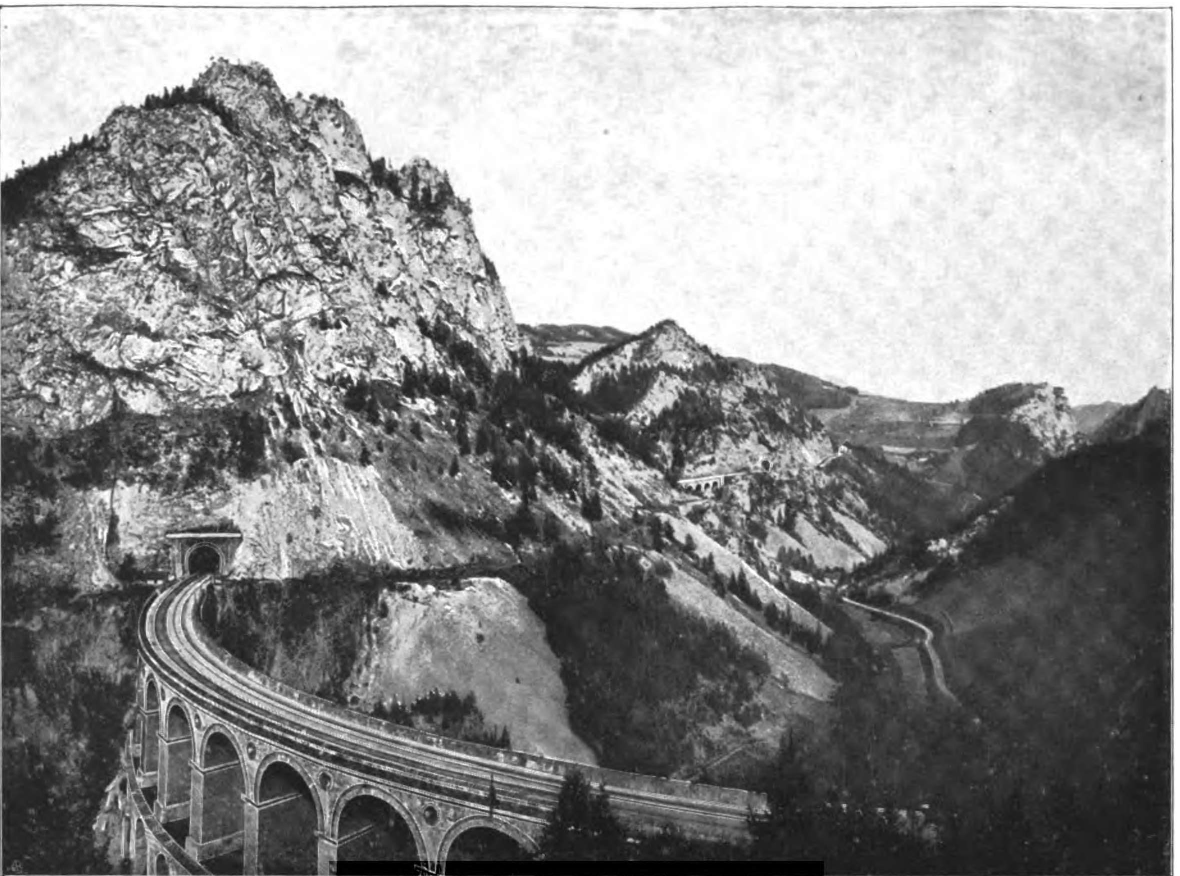


Fig. 293. **Bauwerke aus der Semmeringbahn.**
Im Vordergrund Viadukt (in Doppel=Geschoß) über die „Kalte Rinne“, und Mündung des durch die Bolleros=Wand führenden Tunnels; im Hintergrund der Viadukt über die „Krausel=Klause“ und die an der Spieswand hinziehende Bahnlinie.
(Nach einer Aufnahme der Photoglob Co. in Zürich.)

umgewandelt, wie z. B. der Alfeldsee am Fuße des Welschen Belchen, der nicht weit entfernte Belchensee, ferner der Altenweiler im Fechtthale u. a.

Andere Länder Europas weisen eine größere Zahl von Staubecken auf, wie Frankreich in seinem südlichen Teile und Spanien, und hier haben dieselben, wie auch anderwärts, in der vortrefflichsten Weise einen Ausgleich zwischen der Verschiedenheit herbeigeführt, die in der Menge der atmosphärischen Niederschläge in den einzelnen Teilen eines Jahres besteht, und haben sich nicht nur zur Wasserversorgung kleinerer und größerer Gemeinden, sondern auch für die Industrie und Landwirtschaft in gleicher Weise als segensreich erwiesen.

Daß solche Staubecken auch vielfach angelegt werden, um die Hochwassergefahren herabzumindern, wird vielfach erörtert, namentlich seit dem großen Sommerhochwasser, von dem im Juli und August 1897 das Oderstromgebiet und die Sudeten betroffen wurden. Der Grundstein zu einer derartigen Anlage, der Queißthalsperre, wurde im Sommer 1901 gelegt.

γ) Veränderungen an Bergen.

Am wenigsten ändern die Tunnelbauten die Oberfläche (vergl. Erdbodentemperatur, S. 304), sie werden später langgestreckte Höhlen darstellen, auch sind bei ihrem Bau schon öfters höhlenartige Räume erschlossen worden; die beigefügte Figur 293 möge einige Oberflächenänderungen solcher Art veranschaulichen, wie sie durch die zahlreichen Tunnels und Viadukte im Gelände des Semmering durch den Bau der über letzteren führenden Bahn, der ältesten von den großartigen Alpenbahnen des europäischen Festlandes, geschaffen sind. Die Durchstiche, die ebenfalls nur wenig das Landschaftsbild verändern, geben uns dafür häufig wertvolle Aufschlüsse über den Bau der Erdrinde. Umfangreichere Veränderungen bewirken die Dammaufschüttungen und Seitenanstiege, bei denen oft der ganze Berg mit Geröll und Schutt anderer Art bedeckt wird.

Daß auch Bergbau und Hüttenbetrieb (Halden) die Oberfläche der Erde umgestalten, ist schon früher erörtert worden (doch möge hier als ein charakteristisches Beispiel dieser Art der Erzberg bei Eisenerz in Steiermark genannt werden, dessen aus Spateisenstein bestehender Abhang in einer Anzahl von über einander angeordneten Stufen, so einer großen Treppe vergleichbar, von außen her abgebaut wird); ganz besondere Veränderungen verursachen aber die Steinbrüche, die das ungeheuere Material für Hoch- und Tiefbauten zu beschaffen haben. Die Elbufer im Elbsandsteingebirge sind dadurch umgeändert, steile Felswände, mit starken Böschungen nach der Elbe abfallend, sind entstanden. Das herrliche Neanderthal bei Düsseldorf ist beinahe verschwunden. Die Granitsteinbrüche in den nördlichen Harzthälern Wiedenthal, Steinbachthal haben zum Teil die Physiognomie und Schönheit des Thales zerstört, und bedenkt man, daß diese Materialien jährlich zu vielen Hunderttausenden von Kubikmetern der Erde entnommen werden, so ist diese Umänderung, die später auch nicht durch die Natur selbst ausgeglichen werden kann, wohl die bedeutendste, welche durch Menschenhand hervorgebracht wird.

δ) Veränderungen sonstiger Art.

Nimmt man nun noch hinzu, daß auch bei den Kanalbauten und Schleusenbauten Umänderungen der mannigfachsten Art stattfinden, so wird man dabei an die Umwandlungen erinnert, wie sie in der Diluvial- und Alluvialzeit stattgefunden haben, wo die Weichsel zum Odergebiet, die Oder zum Elbgebiete abgelenkt war, Stromumsetzungen, die an die größten dieser Art erinnern, die in historischer Zeit stattgefunden haben, wie die Umänderung des Hoangho, der jetzt nördlich von Schantung in den Golf von Tschili (Petschili) geht, früher aber, wie jetzt nur noch zeitweise, südlich mündete! Ein bedeutendes deutsches Werk der geschilderten Art aus neuerer Zeit ist der die Nordsee und die Ostsee miteinander verbindende Kaiser Wilhelms-Kanal, der bei Brunsbüttel an der Elbe beginnt und unterhalb Holtenau bei Kiel mündet. Nebenstehende Fig. 294 zeigt die bei Levensau über den Kanal führende Hochbrücke, deren beträchtliche Spannweite selbst großen Kriegsschiffen die ungehinderte Durchfahrt gestattet. Auch der Dortmund-Ems-Kanal mag noch als Beispiel einer Veränderung des Binnenlandes genannt sein.

Es braucht kaum hervorgehoben zu werden, daß die neue Technik oft großartige, weite Ländergebiete umändernde Pläne zeitigt. Abgesehen von dem Bau des Suezkanals und dem Plane, die Landenge von Panama mittels eines Kanals zu durchbrechen, wodurch, ebenso wie dort, eine Trennung der Kontinente geschaffen werden würde, hatte man in Frankreich die Idee, jene Reliktenseeen im Süden von Algier, die Schotts, mittels Durchstechung der Landenge von Gabes wieder mit dem Meere in Verbindung zu setzen und in der Sahara ein Meer zu schaffen, welches an Größe das Königreich Sachsen übertreffen würde (vgl. S. 513).

Daß mehr oder weniger bei allen den genannten, ebenso wie bei vielen anderen industriellen Anlagen und Bauten (Zahnradbahnen, Hebewerke u. s. w. mit eingeschlossen), so manche Naturdenkmäler zu Grunde gehen, herrliche Landschaften zerstört werden können, ist tief zu beklagen. Denn keine Abbildung, keine Beschreibung vermag den Reiz einer Landschaft wiederzugeben, und wenn es schon unvermeidlich ist, daß der wachsenden Kultur manches zum Opfer fällt, so sollte man doch nach dem Vorbilde von Amerika, wo man das herrliche Gebiet der Geysire am Yellowstone zum Nationalpark, Naturreservatgebiet, erklärt hat (S. 416) — ähnlich in England, wo in Charthy, Straffordshire, ein solches Gebiet (40 ha) als Reservat für eine weiße Rindviehherde seit 700 Jahren bewahrt ist — auch in Deutschland damit umgehen, die Naturdenkmäler zu schützen. Bei dem Siebengebirge, das namentlich in der Nähe des Ölbergs einer vollständigen Zerstörung (durch Steinbrüche) entgegenging, ist dies durch große Geldopfer bereits gelungen, und jeder, der seine Heimat kennt und liebt, findet vielleicht Veranlassung, die anthropogenen Umbildungen unserer Erdoberfläche möglichst einzuschränken. Sollte es nicht Mittel und Wege geben, überflüssigen Anlagen oder solchen von zweifelhaftem Wert, mit denen Zerstörungen verbunden sind, von öffentlicher Seite her Hemmungen entgegenzusetzen?

Zu Seite 566.

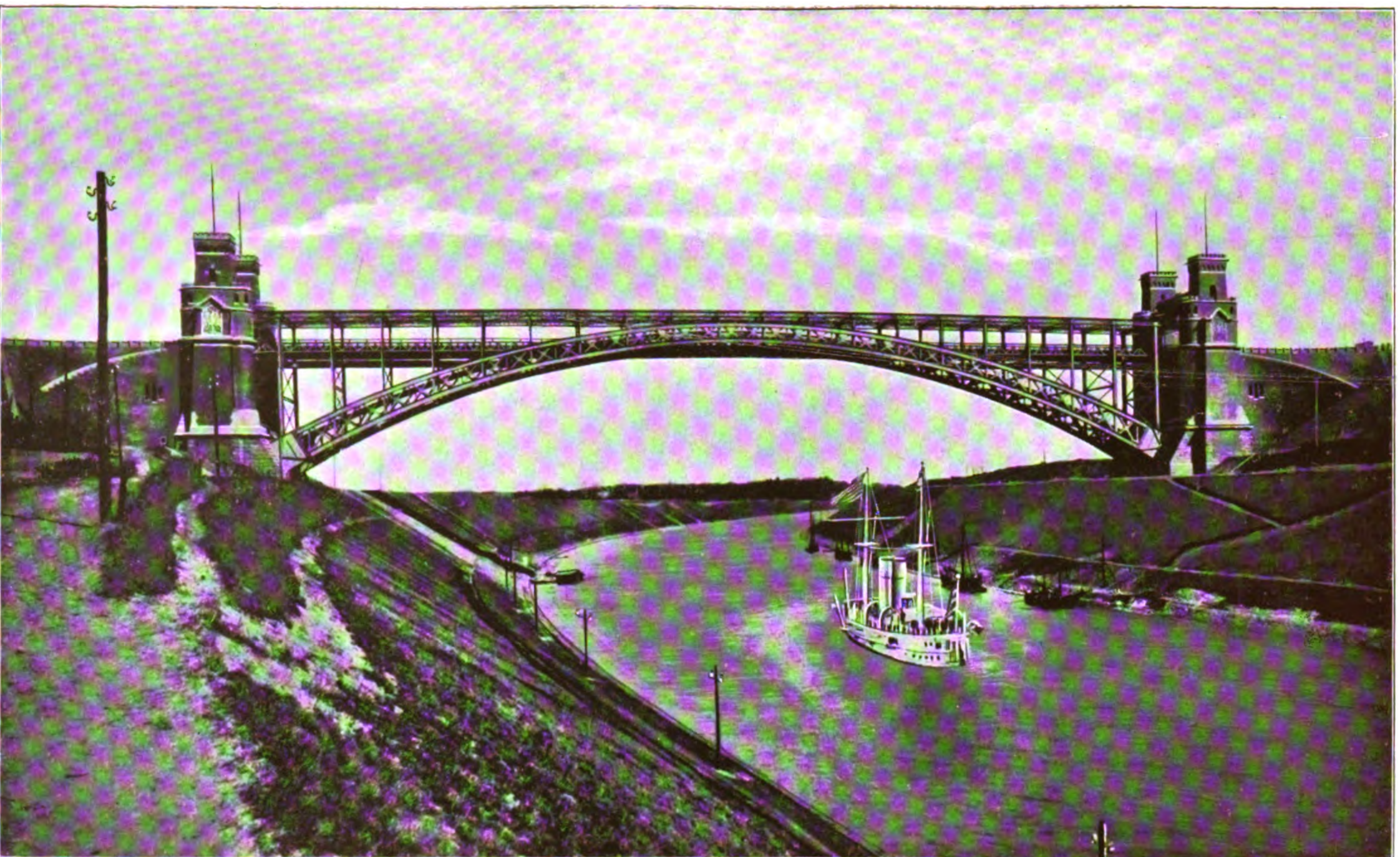


Fig. 294. **Hochbrücke über den Nord-Ostsee-Kanal bei Levensau.**
(Nach einer Aufnahme von Constabel & Knackstedt in Hamburg.)

IV. Postpliocäne Zeit.

Diluvium (Pleistocän). — Alluvium (Jetztzeit).

Einleitung.

Die Wirkungen, welche in der dynamischen Geologie geschildert sind, haben zu allen Zeiten, zu allen Epochen stattgefunden; zu gewissen Zeiten sind aber einzelne von ihnen besonders hervorgetreten und haben den betreffenden Formationen ein bestimmtes Gepräge gegeben, wie sie das Karbon durch die Vegetation der Steinkohlenperiode erhalten hat. Die Übergangsperiode vom Tertiär zur Jetztzeit ist nun besonders charakterisiert durch die Wirkungen von Schnee und Eis, durch die Wirkungen der Gletscher, die jetzt im wesentlichen nur auf die Hochgebirge und auf die Polarzonen beschränkt sind. Die diluviale Eiszeit ist mit der Tierwelt, die gleichzeitig vorhanden war, dahingeschwunden, und seit dieser Zeit hat der Mensch seine Kulturarbeit begonnen. Deshalb sollen hier, um Wiederholungen zu vermeiden, diese Bildungen im Zusammenhang mit den jetzigen Wirkungen von Eis und Schnee dargestellt werden, ohne daß dabei auf die Einzelheiten, welche zu den Resultaten der Forschung geführt haben, näher eingegangen werden kann.

A. Wirkungen von Schnee und Eis.

Der Schnee, welcher im Winter in den gemäßigten Zonen zeitweise die Erdoberfläche bedeckt, besteht aus kleinen Krystallen, die dem hexagonalen System angehören (meist sechsstrahlige Sterne oder Blättchen, vergl. Meteorologie). In den Gegenden des mittleren und nördlichen Rußlands (bisweilen auch bei uns) bedeckt die Schneedecke mehrere Monate den Erdboden. Sie vermindert sich durch Verdunsten. Beim Auftauen und Wiedergefrieren nimmt der Schnee eine körnige Beschaffenheit an. In hohen Gebirgen und an den Polen bedeckt er das ganze Jahr hindurch den Boden; doch selbst in den nördlichsten Gegenden weicht er im Sommer immer etwas zurück, so daß eine Grenze des ewigen Schnees vorhanden ist, die je nach der geographischen Breite sich in verschiedener Höhe oberhalb des Meeresspiegels befinden muß, aber auch unter derselben Breite verschieden ist je nach der Beschaffenheit der Gebirge und der Lage, welche die Gebirgsabhänge der Sonnenstrahlung gegenüber einnehmen. Auch schwankt sie in den einzelnen Jahren nach der Temperatur. Man hat theoretisch die Schneegrenze definiert als die Linie, welche die Orte verbindet, an denen die mittlere Jahrestemperatur Null ist (bei Gebirgen), oder aber, an denen die Mitteltemperatur der wärmeren Jahreszeit gleich Null ist, oder endlich, an denen der Schnee dauernd die körnige Struktur besitzt (Firn). Im allgemeinen liegt die Schneegrenze in den Äquatorgegenden am höchsten

und senkt sich nach den Polen zu (Bäreninsel 74° nördl. Br. 180 m, Alpen 2700 m, Äquator bei Quito 4800 m). Große Feuchtigkeit rückt die Schneegrenze herab, trockene Winde rücken sie hinauf (Nordabhang des Himalaja 5300 m, Südabhang 4950 m), andauernde feuchte kühle Sommer lassen sie weit abwärts (Feuerland, 54° südl. Br., 1200 m), trockene heiße Sommer dagegen aufwärts gehen (Karakorum, 35,38° nördl. Br., 5900 m). Bei den Alpen und Pyrenäen liegt die Schneegrenze am Südabhang höher (3300 m und 3200 m) als am Nordabhang (2700 m und 2900 m), während beim Kaukasus (wie beim Himalaja) die Schneegrenze am Nordabhang höher liegt (3700 m) als am Südwestabhang (3430 m). Abgesehen von der Verdampfung vermindern sich die Schneemassen durch Lawinenstürze (Massen von mehr oder weniger lockerem Schnee, die sich an den Gebirgsabhängen abwärtsbewegen) und durch die Gletscher (Massen von mehr oder weniger körnigem Eis, das stromartig von den Firnfeldern herabdringt).

1. Lauinen (Lawinen).

Viele Lawinen entstehen im Frühjahr (in den Alpen im März, April) dadurch, daß die unteren Schneeschichten durch das einsickernde Tauwasser gelockert werden und herabschurren (bei geringer Neigung: Rutschlawinen, bei starker: Grund- und Schlaglawinen), und häufig die tieferliegenden Schneemassen mit fortreißen. Staublawinen entstehen, wenn lockerer Schnee auf glatter Unterlage herabrutscht (im Winter), während in den Hochregionen auch im Sommer aus denselben Gründen Lawinenstürze erfolgen können.

Wirkungen und Veränderungen. Häufig werden feste Materialien, Geröll, Erdreich mit fortgerissen, so daß an den betreffenden Stellen die Vegetation fast ganz vernichtet wird. In manchen Gegenden nehmen die herabrutschenden Schneemassen in jedem Frühjahr denselben Lauf, es entstehen dadurch schluchtenartige Vertiefungen, ähnlich den Runsen und Regenrillen, nur mit flacher ansteigenden Wänden und stumpfwinkeligem Querschnitt, die Lawinenzüge (Montblanc). Im Wallis sind die Bergabhänge des Rhonethales vielfach von solchen Zügen durchschnitten. Am besten werden die Abhänge gegen die Lawinenstürze durch Waldungen geschützt (Bannwälder); die Wege der Alpenpässe schützt man durch Galerien (Simplon, Gotthard). Die Lawinen gleiten über dieselben fort, und der Verkehr wird nicht durch die herabstürzenden Schneemassen gefährdet.

2. Gletscher.

a) Allgemeines.

Weit mächtiger als der Schnee für sich hat bei den Veränderungen der Erdoberfläche das Eis in seinen verschiedenen Formen als Flußeis, Treibeis, Packeis mitgewirkt, die wesentlich mit zur Verwitterung und zur Ausnagung der Ufer und Küsten (Glätten von Wänden, Küstenlinien; gewisse Strandlinien) beitragen durch mechanischen Druck und Stoß; zu den Erosionswirkungen des Eises gehört auch die allmähliche Zertrümmerung der Gesteine

Zu Seite 569.

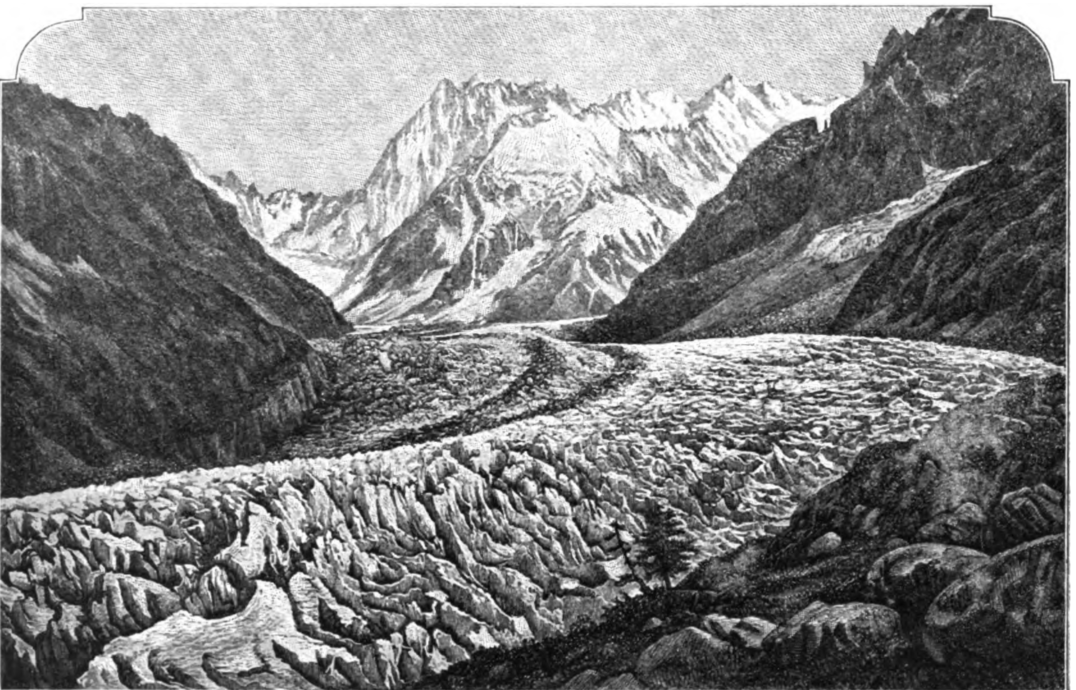


Fig. 295. **Die Mer de glace am Montblanc.**
(Nach Tyndall, Gletscher der Alpen.)

und des Bodens, welche durch das Gefrieren des in Spalten und Ritzen eindringenden Wassers bewirkt wird, da kein Gestein der Kraftwirkung des beim Gefrieren sich ausdehnenden Wassers zu widerstehen vermag.

Viel bedeutender und großartiger aber sind die Wirkungen des Gletschereises, das sich aus dem Firnschnee gebildet hat. Noch heute bewegen sich von den Mulden der hohen Gebirge die überschüssigen Schneemassen im langsamen Flusse in die Thäler hinab; vor dem Beginn der Alluvialperiode, der Periode der Jetztzeit, aber haben die Gletscher einen großen Teil des nördlichen Rußlands, Norddeutschlands und Nordamerikas bedeckt, und die Gletscher der Alpen, der Pyrenäen, des Kaukasus reichten weit in die Ebenen hinab, die, jetzt eisfrei, noch an vielen Stellen Spuren und Wirkungen der alten Gletscher zeigen, wie sie sich auch bei den heutigen noch unter unseren Augen bilden. Die nebenstehend beigefügte Tafel VII veranschaulicht die einstige Eisverbreitung auf der nördlichen Erdhälfte. Die Wirkungen der heutigen Gletscher sind und werden auf das Eingehendste studiert, und das Studium der Eis- und Schneeverhältnisse der Erde hat sich zu einer besonderen Zweigwissenschaft, der Glaciologie oder Glacialphysik, ausgebildet.

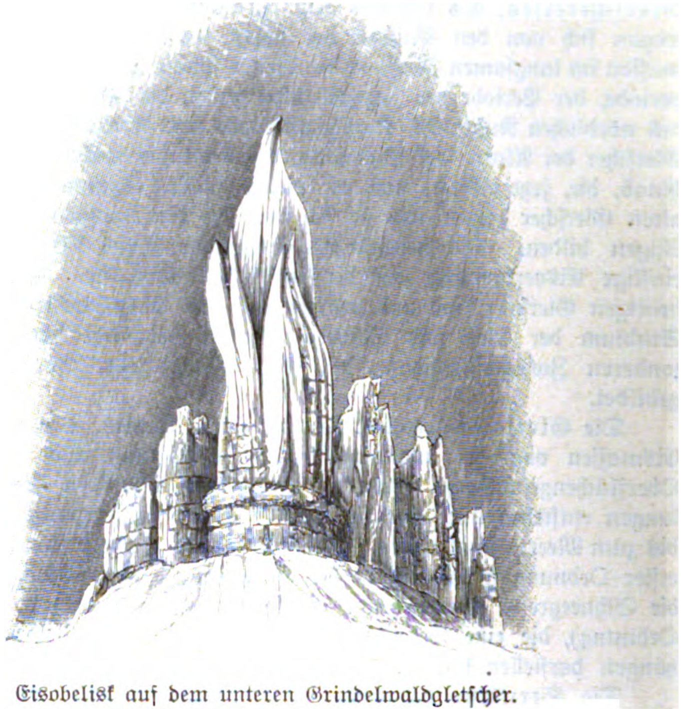
Die Gletscher (glacier, Ferner, Kees, Vadret, Brae) sind stromartige Eismassen von der mannigfaltigsten Zerklüftung und verschiedenartigsten Oberflächengestaltung, welche in thalartigen Schluchten von Schneeansammlungen entstehen und langsam weit unter die Schneegrenze in die Thäler, ja bis zum Meere, hinabsteigen. Außer diesen Gletscherströmen, den Gletschern erster Ordnung finden sich in den Hochgebirgen noch vielfach nur wenig unter die Schneegrenze hinabgehende Gletscher (Hängegletscher, Gletscher zweiter Ordnung), die eine Vereisung der Ränder der Schneefelder an steilen Abhängen darstellen können.

Die Struktur des Eises ist sehr verschiedenartig; oft wechseln blasige Schichten mit blaugrünem Eis, oft ist dasselbe von Schmutzstreifen quer durchzogen. Die Band- und Zonenstruktur ist häufig so geordnet, daß die oberen Lagen löffelartig über die unteren nach vorn übergreifen; auch durch die Druckverhältnisse können die mannigfachsten Verschiebungen und Verbiegungen eintreten. Am Ende des Gletschers, wo die Kompressionen länger gedauert haben, ist das Eis dichter. (1 cbm Eis vom Ende des Aaregletschers wiegt 72 kg mehr als 1 cbm aus dessen Mitte).

Das Gletschereis ist körnig, und zwar wächst die Korngröße nach dem Ende zu. Die feinen Zwischenräume (Kapillaren) zwischen den Körnern gestatten das Eindringen von Wasser.

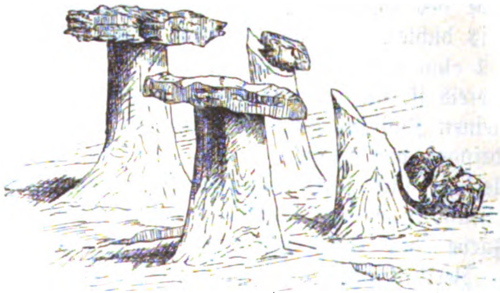
Manche Gletscher sind leicht überschreitbar, aber auch diese sind mit Spalten und Schründen oft von 30 bis 40 m Tiefe durchsetzt, in denen die grünlichblaue Farbe des Eises hervortritt. An steileren Abhängen folgt eine vollständige Zerklüftung, durch die an Steilhängen vollständige Eiskaskaden entstehen, wo Block über Block getürmt ist, die sich unten zu einem ruhigeren Eisstrom wieder vereinigen können (Mer de glace, Fig. 295, am Montblanc, Rhonegletscher, s. Fig. 311 bei S. 578). Die Spalten sind entweder Quer- oder Längsspalten. Die ersteren entstehen durch die ungleichmäßige

Fig. 296.



Eisobelisk auf dem unteren Grindelwaldgletscher.
(Nach Tyndall, Gletscher der Alpen).

Fig. 297.



Gletschertische vom Parker Creek=Gletscher, Sierra Nevada, Ver. Staaten.

Fortbewegung des Eises am Rande und in der Mitte (hier ist sie am schnellsten, vgl. S. 576); die letzteren bilden sich, wenn der Gletscher aus einem engeren Bette in ein weiteres Thal tritt. Durch Einwirkung der Spaltensysteme aufeinander können Gletschernadeln (schmale isolierte Eismassen, Fig. 296) entstehen; Gletschertische (Fig. 297), wenn einzelne Felsblöcke das darunter befindliche Eis vor dem Abschmelzen schützen, während ringsherum Abschmelzung stattfindet.

Vielfach kommen auch die sogen. Gletschermühlen vor, so z. B. am Morteratschgletscher (Engadin). Die Schmelzwasser des Gletschers bahnen sich

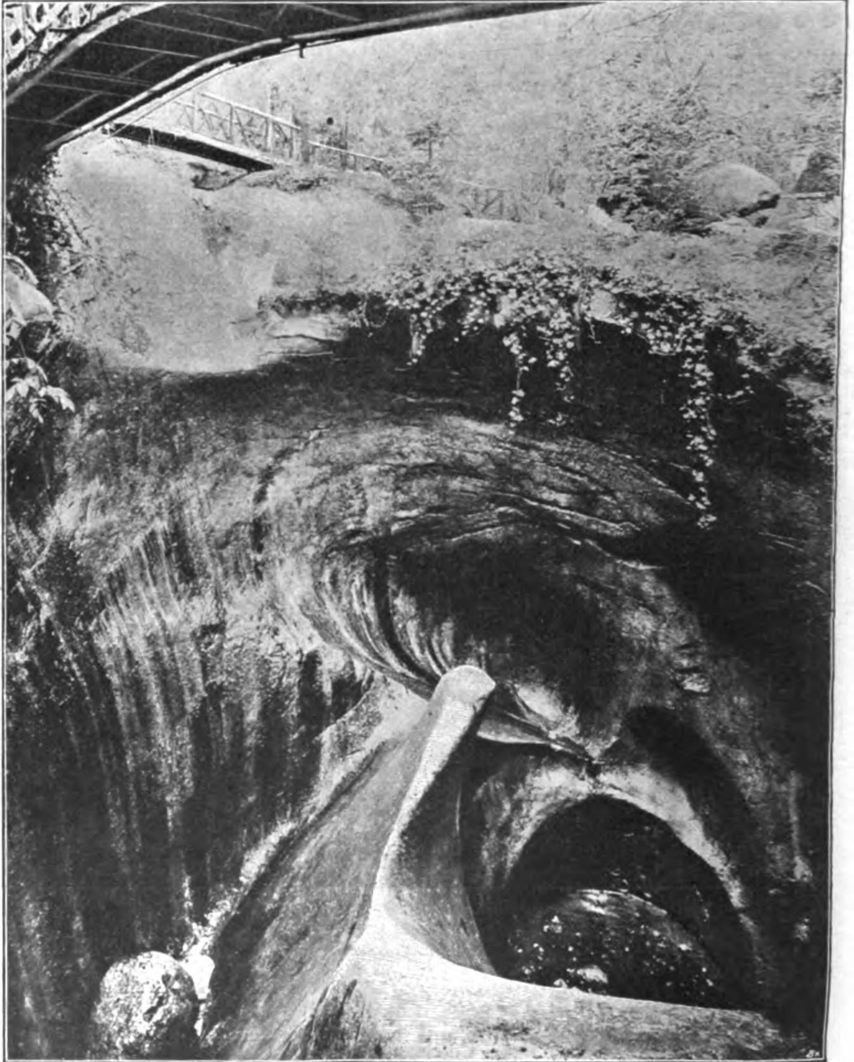
Fig. 298.



Gletschertopf und Schleifsteine im Gletschergarten von Luzern.
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

nach der Tiefe zu einen dauernden Weg; auf dem Grunde des Gletschers finden sich Steine vor oder sind mit herabgerissen, die durch den Strudel in rollende Bewegung gesetzt werden. Sie schleifen sich rund und höhlen durch den Strudel nach und nach kesselartig vertiefte Löcher aus (Strudellöcher, Fig. 298). Diese führen den Namen Riesentöpfe. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Art (Fig. 299 a. f. S.) bietet der Gletschergarten von Luzern; doch können auch Wasserfälle ähnliche Strudellöcher und Schleifsteine hervorbringen. Eine mit den Strudellöchern verwandte Erscheinung sind die in

Fig. 299.



Der größte Gletschertopf im Gletschergarten zu Luzern.
(Nach einer photographischen Aufnahme der Photoglob Co. in Zürich).

Mecklenburg, auf Rügen und auch in Pommern allgemein verbreiteten Sölle (Fig. 300, vgl. auch S. 454 und 507). Man versteht darunter kreisrunde trichter-, kapsel- oder schüsselförmige Strudellöcher im Geschiebelehm, die oft mit Wasser oder Torf angefüllt sind. Von vielen Seebecken im norddeutschen Diluvium nimmt man an, daß sie in ähnlicher Weise (durch Ausstrudelung mittels der Schmelzwässer) entstanden sind. (Auch auf die Kiesel der Imatrafälle in Feuerland sei noch hingewiesen; vergl. oben S. 507.)

Fig. 300.



Strudelloch (Pfuhl) im oberen Geschiebemergel der Gegend von Brüssow in der Uckermark.
(Nach F. Wahnschaffe, Ursachen der Oberflächengestaltung des nordd. Flachlandes).

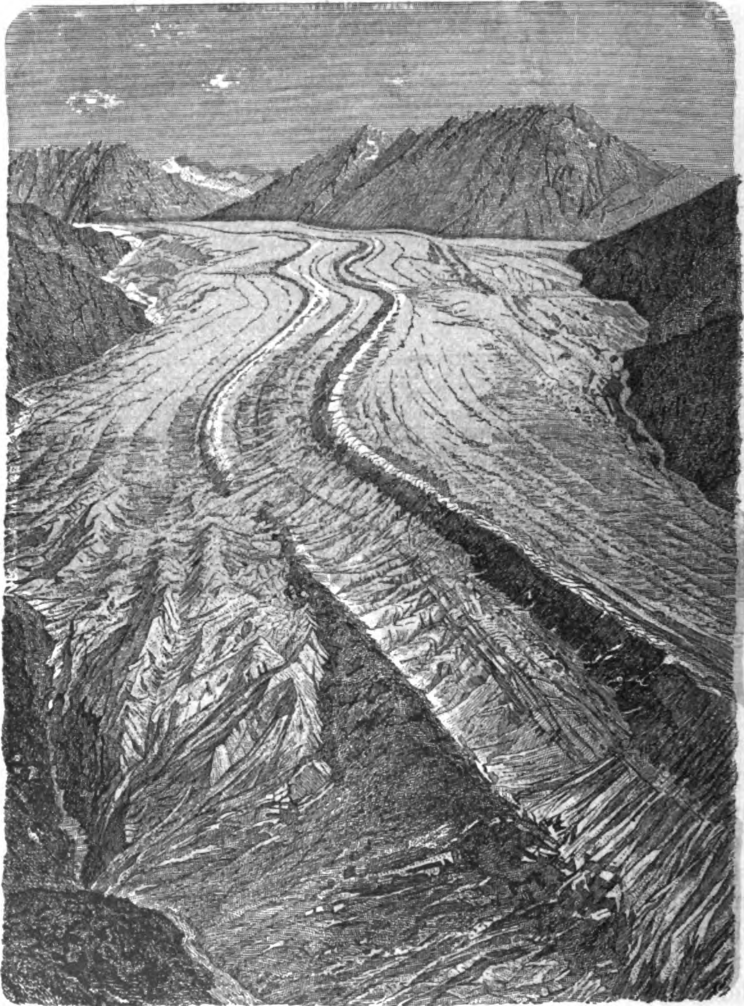
b) Vorkommen der Gletscher.

Da die Gletscher die Abflüsse der Schneemassen sind, können sie nur in Gegenden vorkommen, wo solche sich auftürmen. Sie finden sich also zunächst in Gebirgen mit ewigem Schnee, namentlich in solchen, die muldenartige Hochplateaus und Gebirgsstöcke besitzen, so im Himalaja, in den Alpen, an der norwegischen Küstenzone (Folgefonden, Jötun Fjeld), in den südlichen Kordilleren (Patagonien) — hier gehen die Gletscher unter Breiten, die denen des nördlichen Deutschlands entsprechen, fast bis zum Meere herab — Alaska, an der nördlichen Westküste von Nordamerika, auf der Südinsel von Neuseeland. Seltener sind Gletscher in Gebirgen, die aus einzelnen Spitzen und schmalen Kämmen bestehen (Kaukasus, Pyrenäen), oder wo die Plateaus zum Teil unterhalb der Schneelinie liegen, wie bei den tropischen Kordilleren und dem Felsengebirge. Trockene Gebiete, auch wenn sie sehr kalt sind, zeigen geringe Gletscherbildung, wie Ostsibirien und der Altai.

Besonders ausgebildete Gletschergebiete zeigen die Alpen, an denen auch

die meisten Forschungen angestellt sind. Von denselben sind die bekanntesten die Gletschergebiete am Montblanc (Mer de glace, s. Fig. 295 bei S. 569, Bossongletscher), am Monte Rosa (Gornergletscher), vom Berner Oberland (Rosenlaui-, Aar-, Grindelwaldgletscher, Aletschgletscher, Fig. 301, der längste

Fig. 301.



Der Aletschgletscher (mit deutlicher Mittelmoräne).

der Alpen, fast 20 km lang und 2100 m breit), von der Furka (Rhonegletscher, s. Fig. 311 bei S. 578), von der Berninagruppe (Morteratsch), vom Ötzthal (Vernagtgletscher), von der Tauern- und Glocknergruppe (Pasterzengletscher). Der längste Gletscher der Hochgebirge ist der in Westtibet gelegene Baltorogletscher

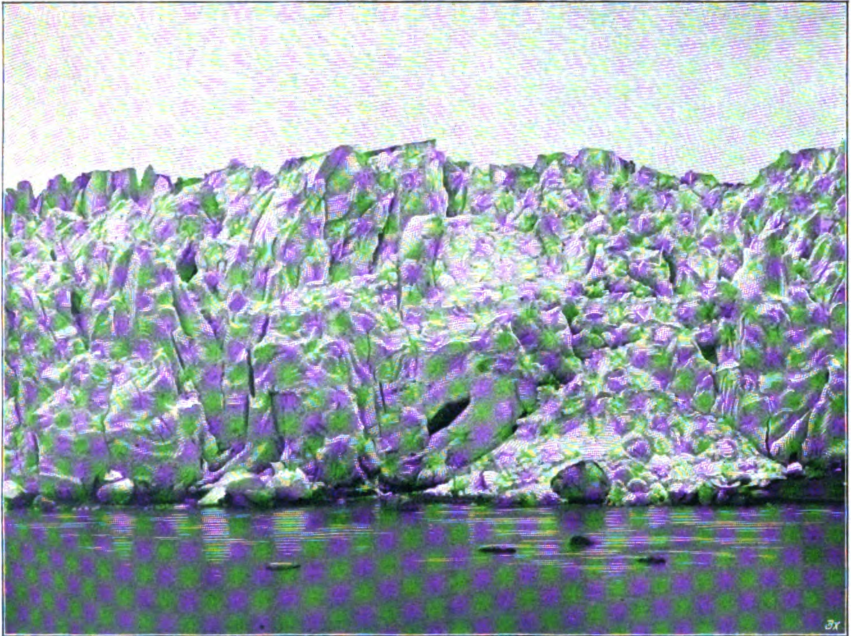


Fig. 302. **Kopf des Muir-Gletschers in Alaska.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von Winter & Pond, Juneau-Alaska.)

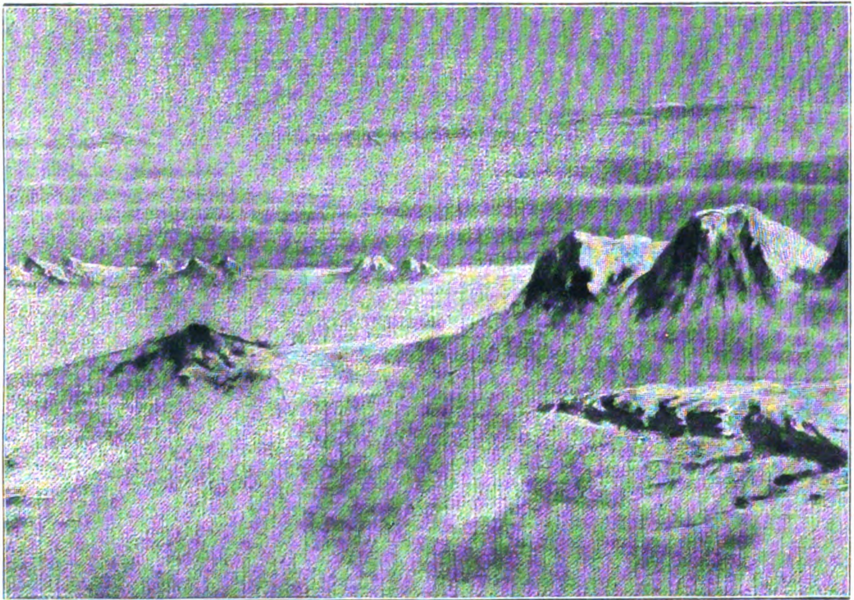
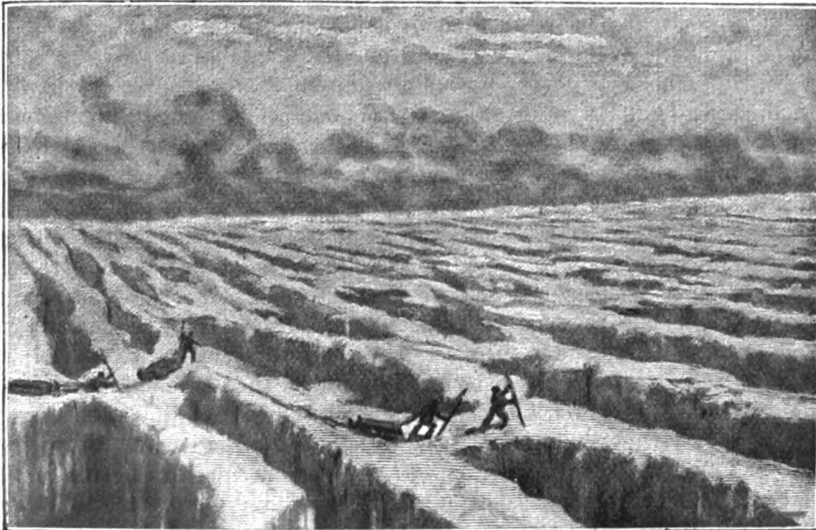


Fig. 303. **Inlandeis und Nunataks in Südwestgrönland.**

im Himalaja (fast 58 km lang). Viel größere Ausdehnung besitzen die Gletscher der Polarländer. Die Gletscher von Island, Jan Mayen, Spitzbergen, Franz Josefsland, Alaska (Fig. 302), gehen zum Teil bis in das Meer hinab, und Grönland bildet eine von einer Eisdecke (**Binneneis, Inlandeis**, Fig. 303) überzogene Insel, von der aus Gletscherströme nach allen Seiten bis in das Meer hinabgehen und dort durch Abbrechen der Spitzen, wie viele andere nordische und auch antarktische Gletscher, zur Entstehung von Eisbergen Veranlassung geben (vgl. auch S. 578). Der größte Gletscher Grönlands ist der Humboldtgletscher (80° nördl. Br.).

Die Gletscher Grönlands bieten überhaupt ganz andere Verhältnisse dar, als die der Hochgebirge. Sie bewegen sich im Sommer schneller als alle übrigen Gletscher, und auch im Winter ist ihre Bewegung deutlich vorhanden.

Fig. 304.



Spalten des Inlandeises in Südwestgrönland.

Sie sind die Abflüsse des erwähnten Binneneises, das in ungeheuren Schichten das ganze Innere von Grönland bedeckt und nur nach dem Saum zu einzelne Berge, die Nunataks (Nunataker) unbeeist aus der Fläche emporragen läßt; nur selten ist es eben, meist ist es durchklüftet, Fig. 304; nach den Schilderungen von **Nansen, Nordenskiöld, Drygalski** und vielen anderen unterliegt es wohl keinem Zweifel, daß Grönland ein Land darbietet, welches sich heute noch in der Periode der Eiszeit befindet. (Über das heutige Areal der Gletscher siehe Tabelle auf S. 253.)

c) Entstehung und Bewegung der Gletscher.

Die angehäuften Schneemassen, deren obere Schicht häufigen Tauungen ausgesetzt ist, verwandeln sich in gewisser Tiefe in ein körniges Eis, das

durch Wiedergefrieren fester und kompakter wird und durch Wiederholung des Prozesses vermehrt wird. An den tieferen Stellen des Plateaus und an den Abhängen wird dieses Firneis, da es durch den hohen Druck plastisch geworden ist, sich hervorpressen und, da nicht vollständige Abschmelzung erfolgt, in das Thal durch folgende Ursachen hinabbewegen: 1. Durch die Schwerkraft; die Abwärtsbewegung wird ermöglicht dadurch, daß das Eis bei hohem Drucke nachgiebig wird. Deshalb kann schon auf schwach geneigter Fläche eine Bewegung erfolgen. Es verhält sich daher der Gletscher wie ein zwar fester, aber gewissermaßen zähflüssiger Körper. 2. Das einsickernde, in den Kapillarräumen wieder gefrierende Wasser begünstigt die Bewegung. 3. Die zertrümmerten Eisstücke können sich durch Regelation (s. Physik) wieder vereinigen. 4. Das bei der Abschmelzung am Boden entstehende Wasser vermindert die Reibung.

Die Art der Bewegung ist die eines langsam fließenden Stromes: die Bewegung ist in der Mittellinie am schnellsten, an den Ufern am langsamsten und nimmt mit der Tiefe ab. Bei Biegungen ist die Bewegung an der äußeren Seite stärker als an der inneren, und die Linie der stärksten Bewegung entfernt sich von der Mitte. Ersichtlich gemacht und bestimmt wurde diese Bewegung durch das Fortrücken von Signalstangen oder durch die Bewegung von Gesteinsblöcken, die quer über den Gletscher gelegt wurden[1]). Nach der Uferwandung und den örtlichen Bedingungen wird jeder Gletscher eine besondere Bewegung haben wie ein Fluß. Die Geschwindigkeit beträgt 20 bis 50 cm im Tag, 75 bis 110 m im Jahr, muß aber nach der Unterlage (wegen der Reibung), nach der Neigung, nach der Jahreszeit (wegen des Zuwachses und Abschmelzens), nach der Tageszeit sehr verschieden sein. Ganz besondere Geschwindigkeiten der Fortbewegung zeigen die grönländischen Gletscher, wo Fortbewegungen von 20 bis 40 m in 24 Stunden beobachtet sind (Gletscher von Jakobshorn und Upernivik an der Westküste von Grönland). Einige Gletscher zeigen auch plötzliche, sehr starke Vorwärtsbewegungen, so daß sie Thäler abschließen (Vernagt-Ferner) und Gletscherbrüche veranlassen können (Devdoroc am Kasbek, Kaukasus; Altels im Berner Oberlande an der Gemmistraße 1895).

Die Ausdehnung der Gletscher ist zu verschiedenen Zeiten eine sehr verschiedene. Durch trockene warme Jahre wird ein Zurückweichen bewirkt, feuchte Jahre mit kühlen Sommern sind dem Vorrücken besonders günstig; eine Periodicität im Vorrücken und Zurückweichen hat sich noch nicht feststellen lassen. Seit Ende der 60er Jahre sind die meisten Gletscher im Rückzug begriffen; erst jetzt bemerkt man in einzelnen Gebieten wieder ein Vorschreiten. Oft verhalten sich die Gletscher desselben Gebietes verschieden. Ein interessantes Beispiel der wechselnden Erstreckung eines Gletschers möge in den beigegebenen drei Aufnahmen (1875, 1886, 1894) des Karlseisfeldes im Dachsteingebiet, Fig. 305, 306, 307, veranschaulicht werden.

---

[1]) Ausführlichere Angaben darüber bietet das Werk von J. Tyndall, Die Gletscher der Alpen (S. 328—357), Braunschweig, 1898.

Zu Seite 576.



Fig. 305. **Das Karlseisfeld vom höchsten unmittelbar über der Haupt-Mittelmoräne gelegenen Teile der Endmoräne im September 1875.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von Dr. Friedr. Simony.)

Zu Seite 576.



Fig. 306. **Das Karlseisfeld** (vgl. Fig. 305) **am 6. September 1886.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von Dr. Friedr. Simony.)

Zu Seite 576.



Fig. 307. **Das Karlseisfeld** (vgl. Fig. 305 u. 306) **am 26. August 1894.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von Prof. Dr. Oscar Simony in Wien.)

Zu Seite 576.



Fig. 307. **Das Karlseisfeld** (vgl. Fig. 305 u. 306) **am 26. August 1894.**
(Nach einer photographischen Aufnahme von Prof. Dr. Oscar Simony in Wien.)



Fig. 308. **Gletscherschliff und Schleifsteine im Gletschergarten zu Luzern.**
(Nach einer photographischen Aufnahme.)

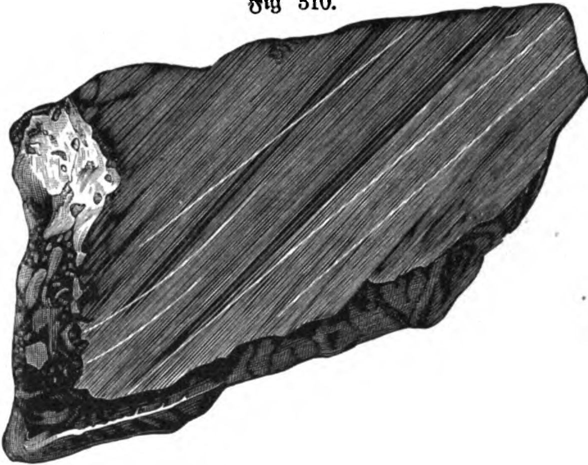


Fig. 309. **Aareschlucht unterhalb des Grimsel-Hospizes mit vom Eis des früheren Aargletschers abgeschliffenen Felsen.**
(Nach einer Aufnahme von J. Eccles.)

d) Wirkungen der Gletscher.

Durch den gewaltigen Druck, mit dem sich die oft über 100 m dicken Eismassen fortschieben, werden Unebenheiten entfernt, harte Gesteinsflächen geglättet (Gletscherschliffe, Fig. 308 und 309), härtere Steine werden auf diesen Schliffflächen durch das gleitende Eis fortgeschoben, und so entstehen feine Vertiefungen in der Richtung des Gletscherthales (Gletscherkritze oder -schrammen, Fig. 310). Von den Seitenwandungen werden ebenfalls Blöcke losgelöst, sie fallen auf den Gletscher, bleiben dort liegen und werden mit forttransportiert (Seitenmoränen); vereinigen sich zwei Gletscher, so vereinigen sich auch zwei der Seitenmoränen und bilden eine umso mächtigere

Fig 310.



Geschliffener und gestreifter Kalk vom Grunde des Rosenlauigletschers.

Mittelmoräne oder Gufferlinie. An der Spitze des Gletschers bleiben die kantig gebliebenen Bruchstücke liegen, die Gesteinsmaterial von allen Felsen darbieten, die der Gletscher passierte, mischen sich mit dem feineren Geröll und Sand und bilden die wallartige Stirn- (oder End-)moräne. Ein schönes Beispiel bietet die beigefügte Abbildung (Fig. 311 bei folg. S.) des Rhonegletschers. Beim Rückzuge des Gletschers bleibt dieser Schuttwall im Thale stehen, der abgeschliffene mit Trümmern bedeckte Boden bleibt frei zurück (Fig. 312 auf folg. S.) und später bildet sich eine neue Stirnmoräne.

Die Wirkungen der Gletscher sind also erodierend (aushöhlend) wie die der Flüsse, namentlich durch Erweiterung und Glättung vorhandener Thalspalten, und transportierend (weiterschaffend) durch Ansammlung von Moränenschutt.

Von dem Boden der Schluchten, in denen sich die Gletscher fortbewegen, werden Gesteinsmassen abgerissen und zermalmt, ein Teil wird sehr zerkleinert und durch das Schmelzungswasser fortgeführt; das letztere tritt am Ende des Gletschers angesammelt zu Tage und bildet den Gletscherbach, der

durch das suspendierte Material milchig trübe ist. So sind die Gletscher oft die Quellen der Ströme: die Rhone entspringt dem Rhonegletscher, die Aare dem Aaregletscher, der Rhein (Hinterrhein) dem Zapportgletscher.

Fig. 312.



Endmoränenkamm an den Rosenbergen bei Neuhof in Mecklenburg.
(Nach F. Wahnschaffe, Ursachen der Oberflächengestaltung des norddt. Flachlandes.)

Die Zunge, das letzte Ende der Gletscher, ist bisweilen durch Abschmelzung thorartig ausgehöhlt (Gletscherthor, an der Mer de glace); bei einigen Gletschern sind jetzt Tunnel und Höhlungen angetrieben, die dem Reisenden die wunderbare Farbe (grünlichblau, blau) des Eises und die hochinteressante Struktur erschließen (Grindelwaldgletscher, Rhonegletscher, der 600 m zurückgegangen und noch 10 km lang ist und an den Abstürzen die Gletschergebilde in nächster Nähe zeigt).

3. Eisberge.

In den nördlichen Gegenden ragen die Gletscher, wie bereits erwähnt, bis in das Meer hinein (Spitzbergen, Grönland); auch hier wird eine Fortbewegung der Eismassen erfolgen, die Spitzen der Gletscher werden den Zusammenhang mit dem übrigen Teile verlieren, losbrechen (die Gletscher „kalben“) und als Eisberge durch die Meeresströmungen fortgetrieben werden, bis sie in südlicheren Gegenden vollständig schmelzen. Bruchstücke von Gesteinen werden durch diese Massen mit fortgeführt und auf weit entfernten Meeresgründen abgelagert. Große Eismassen, die in die Nähe der Kontinente getrieben werden, können durch Schmelzen merkliche zeitweise Abkühlung hervorbringen.

Zu Seite 578.



Fig. 311. **Der Rhonegletscher und die Furkastraße.**
(Nach W. Benteli in „Schweizerisches geographisches Bilderwerk für Schule und Haus“.)

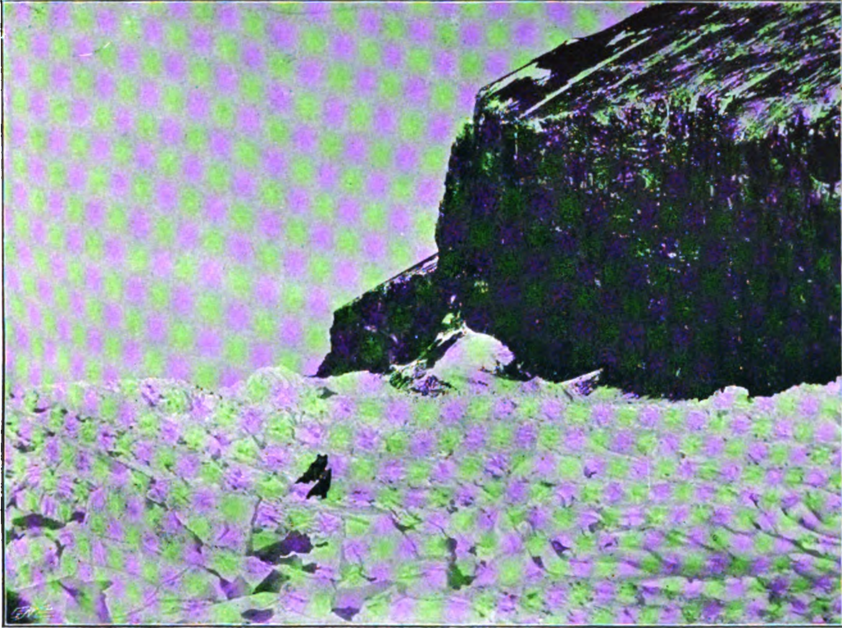


Fig. 313. **Packeis am Kap Adare, Viktoria-Land.**

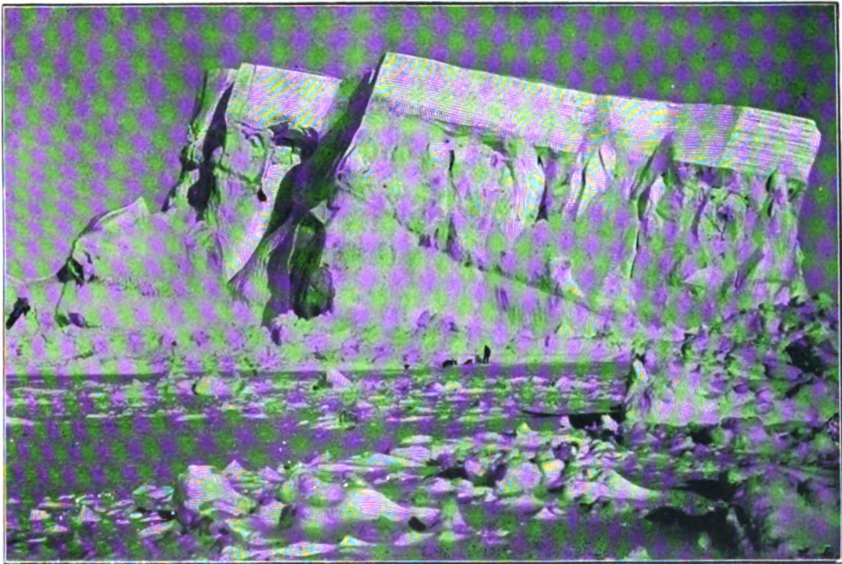
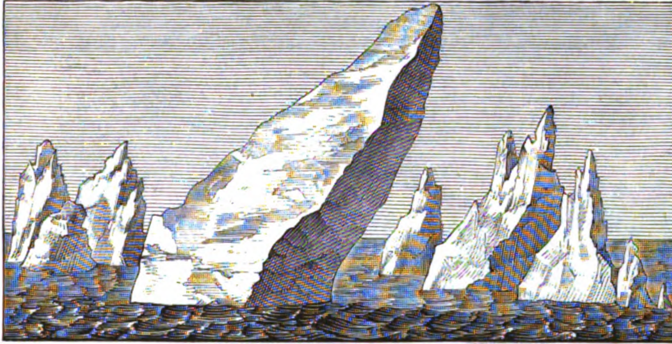


Fig. 314. Typischer antarktischer Eisberg (gegen 80 m hoch) 3 km von Kap Adare; im Vordergrund Treibeis.

(Fig. 313 und 314 nach Aufnahmen von W. Plank bei der Expedition des „Southern Croß" 1899/1900.)

Die Bildung von Eisbergen, von denen die Abbildungen Fig. 313, 314, 315 einige der charakteristischsten Formen veranschaulichen mögen, läßt sich an den Gletschern von Westgrönland, von Alaska oft unmittelbar beobachten. Die Größe der Eisberge ist oft erstaunlich; ihr aus dem Meere hervorragender Teil erreicht eine Höhe von 100 m, während ihre Länge und Breite mehrere Kilometer betragen kann. Sie sind, da der größere Teil ($^9/_{10}$) unter dem Wasser sich befindet, der Schiffahrt außerordentlich gefährlich (s. S. 529).

Fig. 315.



Typische Nordpolar-Eisberge,
an der Westküste von Grönland nördlich der Insel Disko beobachtet von Roß.

Auch sonst können Eismassen mancherlei Umänderungen hervorbringen. Eisschollen und Eisdecken vermögen an den Seeufern abreibend zu wirken; ebenso kann bei Meeren mit Ebbe und Flut das an dem Ufer befindliche Eis die Gesteine mechanisch ändern, überall wirkt das Eis aber im großen wie im kleinen (durch Entstehung in engeren Spalten und Rissen, wodurch der Verwitterungsprozeß der Gesteine so sehr befördert wird) zertrümmernd und zerstörend.

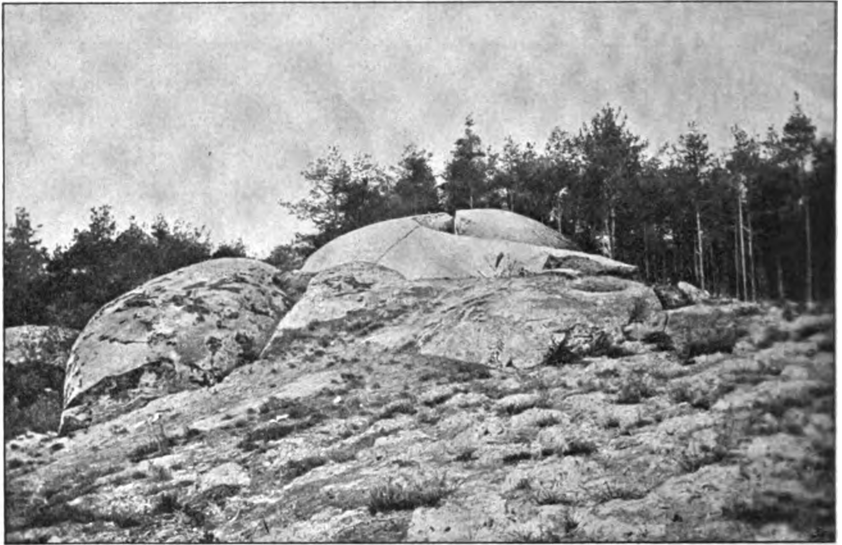
B. Eiszeit. Quartärepoche. Diluvium. Alluvium.

(Vergl. auch S. 262 bis 265.)

In vielen Gegenden von Nord- und Mitteleuropa sowie von Nordamerika finden sich an Orten, die weit von jeder Gletscherbildung entfernt sind, Gebilde, die mit den durch die heutigen Gletscher hervorgebrachten Umänderungen eine überraschende Übereinstimmung zeigen. In der lombardischen Ebene, von dem Austritt der Dora baltea an, finden sich den Alpen entlang Moränenwälle von Gestein, das diesem Gebirge entstammt; am Ende des Haslithals, in der Schweizer Ebene zwischen Alpen und Jura finden sich ebensolche Bildungen, ebenso Rundhöcker, Gletschergeröll (Grundmoränen) und Gletscherschliffe, Riesentöpfe, kurz alle die Bildungen, welche Gletscher hervor-

bringen. Das Gleiche ist in der norddeutschen Tiefebene der Fall (Rüdersdorfer Kalkberge, Moränenwälle bei Chorin, Rundhöcker bei Kamenz, Fig. 316). Die zahllosen Findlinge, erratischen Blöcke (weshalb man die ganzen Bildungen auch Findlingsformation genannt hat), die Gesteinen Finnlands und Skandinaviens entstammen, beweisen, daß Eismassen von Norden her diese Gegenden bedeckt haben müssen — die Eiszeit.

Fig. 316.



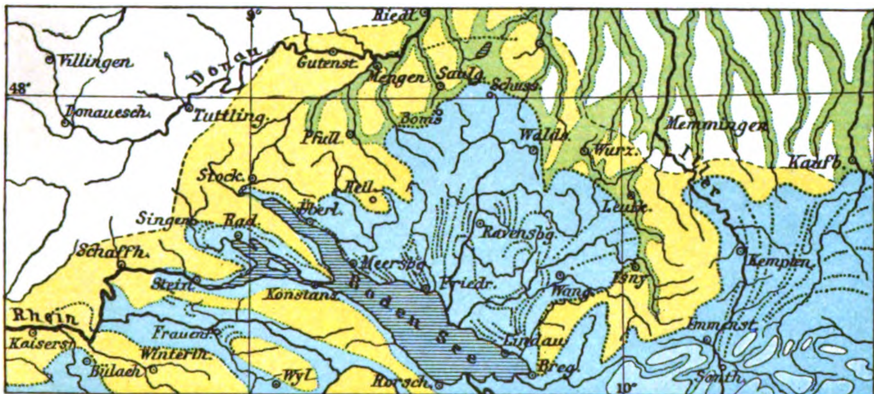
Rundhöcker aus Granit in der Spittelforst bei Kamenz in Sachsen.
(Nach F. Wahnschaffe, Ursachen der Oberflächengestaltung des nordd. Flachlandes.)

Zur Eiszeit war ganz Nordeuropa von einer mächtigen Gletscherdecke eingehüllt, ähnlich wie dies bei Grönland heute noch der Fall ist. Die Gletscherspuren gehen bis zur Themse, zum Teutoburger Wald, zum Harz, zur Tatra und durch das ganze mittlere und nördliche Rußland. In dem größten Teile Sibiriens sind Spuren der Eiszeit gefunden; in Nordamerika reichte die Vergletscherung über die großen Seen hinaus bis zum Ohio und Missouri. Die alpinen Gletscher gingen über die in dem Abflusse derselben liegenden Seen hinaus; der Rhonegletscher erstreckte sich bis zum Jura, der Rheingletscher bis über den Bodensee, die Inngletscher bis über den Chiemsee hinaus in die bayerische Hochebene hinein (vgl. die beiden Kärtchen Tafel VIII), die ganze Umgebung der Alpen bis tief nach Süddeutschland und Oberitalien war von den mächtigen Gletschern der Alpen bedeckt.

Den Verlauf der Südgrenze der Eiszeitbildungen in Deutschland zeigt die punktierte Linie auf Tafel III bei S. 284, während die Tafel VII bei Seite 569 eine allgemeine Übersicht über die Erstreckung der Eiszeit auf der nördlichen Erdhälfte bietet.



Ehemalige Ausbreitung des Loisach- und Inn-Gletschers.
(Nach Penck und Bayberger in Berghaus, Physikalischer Atlas.)



Ehemalige Ausbreitung des Rhein-Gletschers.
(Nach A. Favre in Berghaus, Physikalischer Atlas.)

Maßstab 1:1500000
0 10 20 30 40 50 Kilometer

Firnfelder (Nevés) — Frühere Gletscher — Gletscher-Abflüsse
Moränen — Bedeckte Moränen
Die feinen zusammenhängenden Linien bezeichnen von unten aus die 100 m-Höhe.

Zur Erklärung des Hereinbrechens der Eiszeit in das tertiäre Tropenklima wird angeführt, daß infolge einer langsam rückwärts gehenden Verschiebung (Präzession, siehe Astronomie) der Äquinoktialpunkte, in wechselnden Perioden von 10500 Jahren, die eine Hälfte der Erde fortwährend und zunehmend längere und wärmere Sommer, die andere dagegen längere und kältere Winter habe, und daß als summierte Wirkung letzterer endlich die Eiszeit auftrete. Nach anderer Ansicht ist dieselbe die Folge von Schwankungen in der Form der Erdbahn, die bald mehr kreis-, bald mehr ellipsenförmig ist. Während gegenwärtig der Unterschied zwischen der großen und der kleinen Achse der Erdbahn 800 Erdhalbmesser beträgt, habe er vor 200000 Jahren 3000 Erdhalbmesser betragen, woraus dann für diejenige Erdhälfte, deren Winter mit der größten Sonnenferne zusammenfiel, eine Erkaltung eintreten mußte.

Nach beiden Erklärungen müßte eine periodische Wiederholung der Eiszeit stattfinden, und in der That haben sich in der Diluvialzeit zwei Eiszeiten unterscheiden lassen mit einer Zwischen-Eiszeit oder Interglacialepoche. Manche unterscheiden für Europa sogar sechs bis sieben Glacialzeiten. Für die Geologie von Norddeutschland reicht es aus, folgende Einteilung zu treffen:

Quartär- oder Jetztzeit:

Diluvium,
- Marines Diluvium,
- Alt-Diluvium,
- Erste Eiszeit,
- Interglacialzeit,
- Zweite Eiszeit mit Moränen,
- Jüngeres Diluvium;

Alluvium,
- Alt-Alluvium,
- Torflager,
- Dünensand,
- Marschboden und Wattenschlick,
- Jung-Alluvium.

Eine Gegend, in der ältere Bildungen als diese überhaupt nicht vorkommen, ist holländisch Friesland, Dronte, Gröningen, Deutsch-Ostfriesland bis zum Hümmling und zur Weser; auch die Gegend zwischen der unteren Weser und Elbe besteht fast ganz aus diesen Gebilden, während weiter nach Osten Bildungen älterer Zeit noch zu Tage treten, die im Westen durch jene Schichten von großer Mächtigkeit bedeckt sein mögen. Zu diesen Bildungen kommen dann noch, besonders in Asien, die äolischen Lößbildungen, durch Wind hervorgebracht, und Wüstensandbildungen, wie Kisil Kum-, Kara Kum-Wüste am Aralsee, und Teile der arabischen Wüste Nefud, die Kieswüsten der Wüste Gobi, sowie in Afrika Teile der Sahara.

Auch in früheren geologischen Epochen sind Spuren von Eiszeiten nachgewiesen, so im Perm und Karbon von Südaustralien und Südafrika.

Außer den zuvor erwähnten werden noch mannigfache andere Erklärungen der Eiszeit gegeben. Sie läßt sich erklären durch andere Verteilung von Wasser und Land, durch feuchtes Klima mit naßkalten Sommern, auch hat man angenommen, daß unser Planetensystem zeitweise kältere Welträume durcheilt habe, die Stellung der Erdachse eine andere gewesen sei, daß sich das Ausstrahlungsvermögen der Sonne geändert habe, daß durch Kohlensäureanhäufung, die durch vulkanische Ausbrüche verursacht worden sei, die Sonnenwärme zurückgehalten worden sei (Kohlensäure nimmt die Wärme besser auf als die Luft), so daß die Eiszeit auch die Zeit der größten vulkanischen Thätigkeit gewesen sein müsse.

Eine vollständig befriedigende Erklärung ist bisher nicht gegeben, ebenso läßt sich die Dauer der Eiszeit selbst und der postglacialen Periode bis zur historischen Zeit nicht genau feststellen; die Zahlen schwanken zwischen 5000 und 100 000 Jahren.

Nicht minder befinden wir uns in Unsicherheit darüber, woher die später eingetretene Wiedererwärmung Europas gekommen ist, die das Abschmelzen der Gletscher auf ihren jetzigen Bestand bewirkte. Zunächst ist dieselbe wohl als die Folge einer eingetretenen Hebung und hierdurch bewirkten Änderung in Ausdehnung und Lage der Nachbarkontinente anzusehen. Das dem Meer entstiegene Hochland von Afrika hat man als die Wärmepfanne von Europa bezeichnet; von dorther kommende erhitzte Winde schmolzen das europäische Eis. Wahrscheinlicher ist es, daß warme Meeresströmungen diese Wirkung hervorgebracht haben.

Die Ablagerungen der Diluvialperiode bestehen aus gröberen Geschieben, Geröllen, Kies, wechselnd und verbunden mit Sand, Lehm und Löß. Sie erreichen stellenweise eine Mächtigkeit von 60 m und eine mittlere Höhe von 300 m, steigen jedoch nicht über 600 m. Ihre räumliche Verbreitung ist sehr bedeutend, denn sie überschütten die weitgedehnten Niederungen des nördlichen und nordöstlichen Deutschlands, ganz Holland, die Thäler des Rheins, der Saone und Rhone, die bayerische Hochebene, in deren Mitte München liegt, die fruchtbaren Ebenen der Lombardei und die Pußten Ungarns. Geschiebelehm und lößartige Bildungen sind auf die Gletscherausdehnung zurückzuführen.

Die diluvialen Bildungen schließen häufig Reste von Tieren ein, teils solcher, die jetzt noch leben, teils ausgestorbener, teilweise der Tertiärperiode angehöriger. Pflanzenfresser herrschen vor, und als besonders wichtig unter diesen erscheint wegen der außerordentlichen Häufigkeit und Verbreitung seiner Reste der vorweltliche Elefant oder das **Mammut**, Elephas primigenius (Mammutzähne auf den Inseln Neu-Sibirien). Daß dieses Tier vor verhältnismäßig noch nicht langer Zeit ausgestorben ist, ergiebt sich aus dem Vorkommen desselben, eingefroren in dem vereisten Schlammboden Sibiriens, an den Ufern der Lena. Man hat es dort wohlerhalten mit Fleisch und Haar aufgefunden und sich überzeugt, daß letzteres wollig war und auf dem Rücken eine Mähne bildete, — ein Zeichen, daß dasselbe einem kalten Klima angepaßt war; ebenso das zweihörnige **Nashorn**, von dem ebenfalls vollständig erhaltene Reste in Sibirien gefunden wurden. Ferner sind bemerkens-

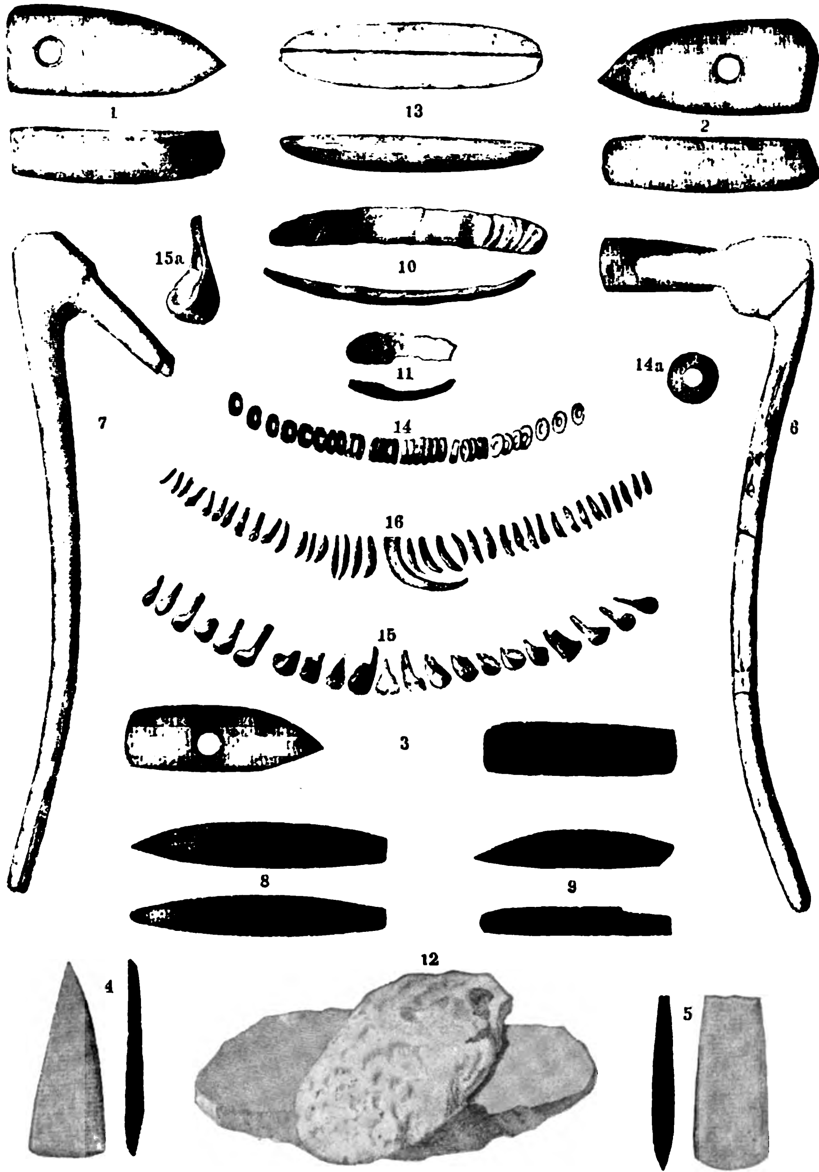


Fig. 317. Geräte aus der Steinzeit.

1, 2, 3 Hammeräxte (mit Durchbohrung für den Schaft); 4, 5 flache Steinbeile (zum Einsetzen in das gespaltene Ende eines hakenförmigen Schaftes); 6 flaches, meißelförmiges Beil mit beinahe vollständig erhaltenem Holzschaft; 7 Axtstiel; 8, 9 schlanke Meißel mit schmaler, scharfer Schneide; 10, 11 Feuersteinmesserchen; 12 Handmühle einfachster Art aus Sandstein nebst kleinem Läufer; 13 Werkzeuge unbestimmbarer Art (zum Zuspitzen und Anschleifen kleiner Geräte aus Knochen und Horn?); 14, a, 15, a Halsbänder aus durchlöcherten Muschelstücken von Perlmutterglanz in Form von kleinen Ringen und rohen Berlocken; 16 Halsband aus durchbohrten Thierzähnen. 6 aus dem Bergwerk von Reichenhall, 7 u. 9 aus einem Grabhügel unweit Langen-Eichstätt in Sachsen; alle übrigen aus dem Hinkelstein bei Monheim; ca. 1/5 nat. Gr.

wert der Riesenhirsch (Megaceros hibernicus) und das Renntier; von Raubtieren der gewaltige Höhlenbär (Ursus spelaeus) und die höhlenbewohnende Hyäne (Hyaena spelaea). In Nordamerika hat man in den Torfmorasten von New-York, New-Jersey und an den Ufern des Missouri Reste eines riesigen Mastodons (Mastodon giganteus) gefunden, dessen Körperlänge 6 m betrug, während die Stoßzähne 4 m messen. Im Süden des nordamerikanischen Diluviums lebte der amerikanische Elefant (Elephas americanus). Dazu kommen in auffallend großer Zahl Pferde (sechs Arten) und besonders riesige Vertreter der Edentaten, deren größter Vertreter das in Südamerika einheimische Megatherium (S. 215) war. Es übertraf an Größe unser Rhinoceros. In Südamerika lebte auch das 3 m lange Riesengürteltier (Glyptodon). (Vergl. auch S. 230.)

Fig. 318.



Dolmenartige Grabkammer „Teufelsküche“ bei Neuhaldensleben.
(Nach dem 12. Jahresbericht des Vereins für Naturwissenschaft zu Braunschweig.)

Es ist kein Zweifel, daß der Mensch schon mit jenen großen Säugetieren der Diluvialzeit zusammengelebt hat, vielleicht waren seine ersten Wohnorte Höhlen und seine Waffen aus Stein (Feuerstein u. s. f.) und Horn (vgl. Fig. 317). Auf verschiedenen Teilen der Erde entwickelte sich die Kultur verschieden schnell, aber es scheint überall die Stufenfolge gewesen zu sein, daß nach der Steinperiode, die man in eine ältere und jüngere (neolithische) zu

teilen pflegt, die **Metallperiode** eintrat, und zwar wurde Bronze (Erz) wiederum eher von den Menschen gefunden als Eisen.

Die Erforschung der prähistorischen (vorgeschichtlichen) Zeit, die unmittelbar der Jetztzeit voranging und die in unseren Gegenden zum Teil stattfand, als Ägypten und Babylon zuerst eine Kultur erreicht hatten, ist ein wichtiger Teil der Anthropologie (der Kunde vom Menschen) geworden. Renntier, Moschusochs und andere noch lebende Tierformen, mit denen die Menschen in Berührung gekommen, die Wohnstätten der prähistorischen Menschen, die Pfahlbauten, die in der Schweiz und ganz Norddeutschland verbreitet sind, die Küchenabfälle (Kjökkenmöddinger) und die darin gefundenen Gegenstände (Fig. 317 bei vor. S.) und Tierüberreste (Knochen u. s. w.), die Urnenfelder und Begräbnisstätten, die als Dolmen oder Riesenstuben und Hünengräber bekannt sind und sich nicht nur in Norddeutschland (Fig. 318 auf vor. S.) und England (Fig. 319), sondern auch in vielen anderen Ländern finden, zeigen die Kultur der Steinzeit. Aus den Überresten suchen wir die Vorgeschichte der Menschheit in Europa und in anderen Erdteilen, wo erst kurze Zeit eine Geschichte besteht, zu ergründen.

Fig. 319.



Megalithisches Denkmal „Stonehenge" in Wiltshire.
(Nach einer Photographie von W. M. Spooner & Co. in London.)

Wir sehen uns genötigt, die der Tertiärzeit nachfolgenden Formationen insgesamt unter dem Namen des **Quartärsystems** zu begreifen, da eine scharfe Trennung in mehrere Glieder sich nicht aufrecht erhalten läßt. Der Hauptsache nach würde ihre Bezeichnung als **Schwemmgebilde** zutreffend sein, denn durch die Einwirkungen des Wassers in dieser Periode sind großartige Wirkungen vollbracht, hier durch Aufwühlung und Losreißung vom Festlande, dort durch Anschwemmung und Ablagerung. Dies soll ja auch der Name „Diluvium" andeuten, der sonst für die Sintflut gebraucht wird. Allein auch andere Kräfte haben wesentlichen Anteil genommen an den Bildungen dieser Formation, wie die Wirkungen der Organismen, Druck-

verhältnisse in der Erdrinde, Hebungen und Senkungen und die neovulkanischen Erscheinungen (Thätigkeit der jetzigen Vulkane).

Eine scharfe Grenze zwischen Alluvial- und Diluvialgebilden giebt es nicht; so wenig wie die Aufeinanderfolge der früheren Perioden in der Weise zu denken ist, daß plötzliche Umänderungen, gewissermaßen neue Schöpfungen, verbunden mit dem Untergange der früheren Perioden, entstanden sind, sondern vielmehr so, daß ein allmählicher Übergang stattgefunden hat und an gewissen Stellen bestimmte Bildungen nicht weiter entstanden sind. Man darf daher nicht annehmen, daß die Diluvial- und Alluvialzeit, welch letztere unsere historische und prähistorische Zeit umfaßt, scharf von einander abgegrenzt waren.

Als Diluvialbildungen insbesondere galten früher solche, die in vorgeschichtlicher Zeit, also vor dem Auftreten des Menschen entstanden sind. Seitdem man jedoch in Schichtungen, die bisher für diluvial gehalten wurden, Spuren menschlicher Reste und künstlicher Geräte aufgefunden hat und es wahrscheinlich geworden ist, daß der Mensch schon zur Tertiärzeit vorhanden war, ist eine Scheidung derselben von den Bildungen des Alluviums aufgegeben worden.

Unter letzteren versteht man nicht nur, wie der Name andeutet, „Angeschwemmtes Land“, sondern überhaupt alle der Beobachtung zugänglichen geologischen Neugestaltungen am Erdkörper, die in historischer Zeit stattgefunden haben und noch fortwährend vor sich gehen, und bezeichnet hauptsächlich die letzteren als Alluvium. Zu den Alluvialerscheinungen werden daher auch die Umänderungen gehören, welche fortwährend an den alten Schichten der Erde durch Erosion des Wassers vor sich gehen, sowie die Oberflächenveränderungen der Jetztzeit, während die Bildung der Kontinente in ihrer jetzigen Form in der Diluvialzeit sich vollzog.

Die Alluvial- und Diluvialgebilde bedecken demnach die ganze Erdoberfläche. Ihre Gesteine bestehen aus lockeren Trümmergesteinen, Sand, Thon, Lehm, Löß, Mergel u. s. w., seltener aus festem, hartem Gestein; Korallenkalk bildet sich noch jetzt; auch Muschelkalkbildungen werden noch wahrgenommen, und Konglomerate verschiedener Art können entstehen. Große Länderstrecken sind nur mit diesen Gebilden bedeckt. Unsere norddeutsche Tiefebene bietet von der Rhein-Scheldemündung bis zur Niemenmündung und hinauf bis Kap Skagen und bis zum Rande der deutschen Mittelgebirge ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, wie überhaupt die meisten Tiefebenen aus solchen Gebilden bestehen, die man als quartäre Bildungen (Quartärformation) zusammenfaßt; ebenso stellt sich die oberrheinische Tiefebene zwischen Schwarzwald und Vogesen als eine typische Bildung des Diluviums und Alluviums dar. Das Alföld der ungarischen Tiefebene, die unteren Donauländer, die Gebiete am nördlichen und südlichen Kaspischen Meere (mit den Naphthadistrikten), ein großer Teil der Poebene, ein Teil der Wüstenbildungen von Afrika (westliche Sahara, libysche Wüste), das Gebiet der Pampas, sowie die meisten Gebilde der Flußmündungen und viele Küstenbildungen Amerikas (Texas, Florida u. s. w.) gehören hierher. Sehr wenig ausgedehnt sind diese Bildungen in Australien.

Wie die Gesteinsbeschaffenheit zeigt uns auch die Beschaffenheit der Or-

ganismen einen vollständigen Übergang. Viele Pflanzen und Tierformen gehören beiden Abschnitten der Quartärformation an; zu letzteren zählen das Renn, Elen, der Moschusochs, und Erlen und Birken sind noch lebende Pflanzenformen.

Von anderen Bildungen der Jetztzeit sind noch Torf-, Moor- und Dünenbildungen zu erwähnen, Erscheinungen, welche bereits in der dynamischen Geologie erörtert worden und welche unmittelbar auch Teile der physikalischen Geographie oder Physik der Erde sind. Die Geschichte des Menschen in der prähistorischen Zeit greift in die Diluvialepoche über.

C. Prähistorischer Mensch[1]).

Charles Lyell, der berühmte englische Naturforscher, beginnt sein epochemachendes Werk „Das Alter des Menschengeschlechts" [2]) mit folgenden Worten: „Kein Gegenstand hat neuerdings mehr Neugier und allgemeines Interesse unter den Geologen und dem Publikum erregt, als die Frage nach dem Alter des menschlichen Geschlechts — die Frage, ob wir in Höhlen oder in den oberflächlichen Ablagerungen, welche gewöhnlich Drift oder Diluvium genannt werden, hinlängliche Beweise für das ehemalige Zusammenleben der Menschen mit gewissen untergegangenen Säugetierarten finden."

In der That ist die Frage nach dem Alter des Menschengeschlechts zu den verschiedensten Zeiten aufgeworfen und hat zu mancherlei Anschauungen Veranlassung gegeben; wir wollen nun hier in gedrängter Kürze im Anschluß an die Besprechung des Diluviums einiges zusammenstellen, was wir über den prähistorischen Menschen wissen.

Vor Cuvier glaubte man schon die Spuren des „vorsintflutlichen Menschen" entdeckt zu haben, der Knochenfund des alten Scheuchzer, der homo diluvii testis, ist zu einer gewissen Berühmtheit gelangt. Cuvier nahm, wie bereits früher (vgl. S. 232) erwähnt, große Katastrophen zwischen den einzelnen Erdperioden an, er glaubte, daß Diluvium und Alluvium durch eine solche Katastrophe getrennt seien und behauptete, daß der Mensch erst im Alluvium aufgetreten sei. Die Reste des Scheuchzerschen Diluvialmenschen konnte er als die Knochen eines Riesensalamanders bestimmen, und damit schien der Theorie vom Diluvialmenschen der Todesstoß versetzt.

Dennoch wurden in den folgenden Jahrzehnten viele Thatsachen zusammengebracht, die dafür sprachen, daß der Mensch in der That mit den gewaltigen Säugetieren des Diluviums zusammen und also auch zur Eiszeit gelebt habe. Anfangs wurden diese Funde ignoriert, bis die Cuviersche Lehre, durch viele Entdeckungen erschüttert, nicht mehr haltbar schien. Der Umschlag der Anschauungen, die Anerkennung des diluvialen Menschen wurde

---

[1]) Dieser Abschnitt ist von Herrn Dr. Ernst Schwalbe, Privatdozent in Heidelberg, bearbeitet.

[2]) Sir Charles Lyell, Das Alter des Menschengeschlechts, deutsch von Louis Büchner.

nicht zum mindesten durch Lyells vorhin erwähntes vortreffliches Buch hervorgebracht [1]).

Wir wollen nun sehen, wie weit sich nach unseren heutigen Anschauungen die Spuren des Menschen zurückverfolgen lassen.

Tertiär. In tertiären Schichten sind bis jetzt Knochenreste, die als menschliche mit Sicherheit angesprochen werden können, nicht gefunden worden (vergl. jedoch S. 591, Neanderthalschädel). Dagegen hat man an einzelnen Orten Frankreichs (auch in Portugal) in tertiären Schichten Spuren menschlicher Thätigkeit anscheinend gefunden (z. B. bei Puy-Courny bei Aurillac im Dep. Cantal). Es handelt sich bei diesen Funden entweder um Einschnitte in Tierknochen, die sicher tertiären Ursprungs sind (z. B. auf einem Unterkiefer von Rhinoceros pleuroceros) oder um Feuersteine, die Spuren der Bearbeitung aufweisen. Dennoch dürfte die Existenz des tertiären Menschen nicht als gesichert gelten, die Funde, welche für dieselbe sprechen, sind außerordentlich dürftig, und lassen vielleicht auch noch eine andere Erklärung zu. Wir könnten daher zur Diluvialzeit übergehen, wollen jedoch vorher noch ganz kurz einen Fund der letzten Jahre betrachten, der die weitgehendsten Erörterungen hervorgerufen hat.

Im Jahre 1896 teilte Dubois, ein holländischer Gelehrter, mit, daß er in Java Reste eines menschenähnlichen Wesens gefunden habe, dem er den Namen Pithecanthropus erectus [2]) gab. Diese Reste bestanden aus einem Schädeldach, einem Oberschenkelknochen und Zähnen. Es wurden diese Stücke in Schichten gefunden, die wohl sicher als tertiär in Anspruch genommen werden dürfen. Dubois glaubte die Überreste eines Wesens gefunden zu haben, das in seinem Körperbau zwischen Mensch und menschenähnlichen Affen stände. Über die Richtigkeit dieser Anschauung ist sehr viel gestritten worden. Die einen erklärten den Schädel für einen großen Gibbonschädel, also zu den Affen gehörig. Es war besonders Virchow, der diese Meinung vertrat. Andere sehen in dem Pithecanthropus einen Vorläufer des Menschen. Nach dem heutigen Stand der Forschung scheint die Meinung am meisten für sich zu haben, daß Pithecanthropus hinsichtlich seines Körperbaues zwar Beziehungen sowohl zum Menschen als auch zu den menschenähnlichen Affen erkennen läßt, daß man ihn aber weder direkt als Menschen noch als menschenähnlichen Affen bezeichnen kann. Man würde ihn als einen Vermittler zwischen niederen Formen und dem Neanderthalmenschen, der später zu erwähnen ist, ansehen können.

[1]) Wer sich für die geschichtliche Seite dieser Frage, sowie überhaupt eingehender für dieses Kapitel interessiert, dem sei das vorzügliche Buch empfohlen: „Gabriel et Adrien de Mortillet, Le Préhistorique. Origine et antiquité de l'homme. Paris 1900.

[2]) Von πίθηκος, Pithecus, Affe und ἄνθρωπος, Anthropus, Mensch; erectus aufgerichtet, aufrecht von erigere. (Über Pithecanthropus siehe: H. Klaatsch: Der gegenwärtige Stand der Pithecanthropus-Frage. Zoolog. Centralbl. VI, 1899. Über das Schädeldach ist die erschöpfendste Darstellung gegeben von G. Schwalbe (Straßburg) in den Studien über Pithecanthropus erectus Dubois, Zeitschr. f. Morphologie und Anthropologie, Band I).

Diluvialer Mensch. Wir kommen zu dem Zeitalter, in welchem das Auftreten des Menschen gleichzeitig mit Mammut, Höhlenbär, Höhlentiger u. s. w. mit Sicherheit in neuerer Zeit nachgewiesen werden konnte. Es sind besonders französische Gelehrte gewesen, die sich um die Erbringung von Beweisen für das Vorhandensein des Menschen im Diluvium die größten Verdienste erworben haben. Ist doch auch Frankreich ganz besonders reich an Funden, die uns über das menschliche Dasein im Diluvium aufklären, eine Thatsache, die ohne Zweifel damit zusammenhängt, daß Frankreich in der Eiszeit von der Vergletscherung zum großen Teil verschont blieb, während unser Vaterland zumeist unter Eismassen in ähnlicher Weise begraben war, wie heute Grönland. In dem vom Eis verschonten Teile Deutschlands hat man ebenfalls sehr wertvolle Funde gemacht.

Die Beweise, welche wir für die Existenz des Menschen in der Diluvialzeit kennen, können wir nach zwei Richtungen sondern. Erstens finden wir die Spuren seiner Thätigkeit in der Bearbeitung von Tierknochen, in der Anhäufung von solchen, da die Tiere den Menschen zur Nahrung dienten, ferner in der Bearbeitung vorzüglich des Feuersteins, sowie in den ersten Anfängen der Thonbearbeitung; zweitens aber haben wir Menschenknochen, zum Teil recht gut erhalten, die gemeinsam mit den Resten der diluvialen Tiere gefunden wurden in Schichten, die über das Alter der Funde gar keinen Zweifel aufkommen lassen. Die Existenz des diluvialen Menschen ist absolut sichergestellt.

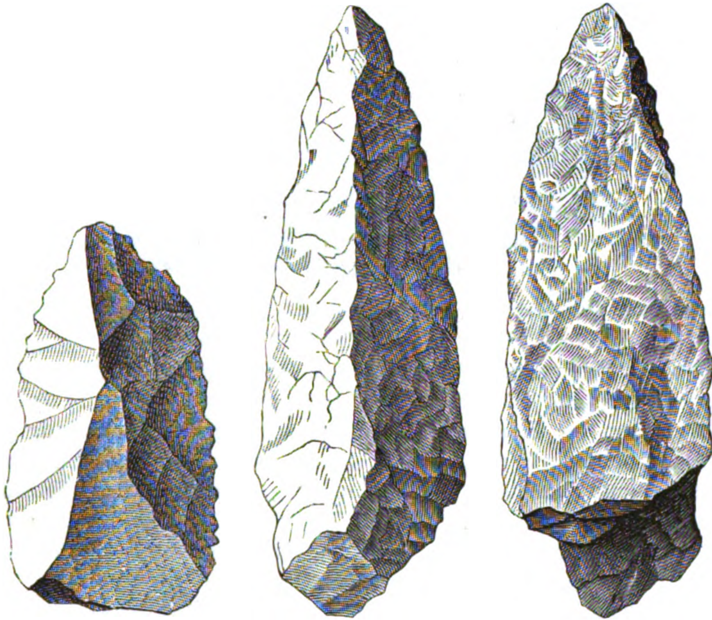
Am häufigsten findet man bearbeitete Feuersteine, die höchst charakteristische Form zeigen. Offenbar wurden dieselben zu Pfeil- und Lanzenspitzen verwandt. Die nebenstehende Figur 320 zeigt uns einen solchen bearbeiteten Feuerstein, sowie eine Pfeilspitze aus Quarz. Ähnliche Werkzeuge sind schon vor vielen Jahren im Sommethal ausgegraben worden, woselbst bei St. Acheul in der Nähe von Amiens und bei Abbeville berühmte Fundstätten solcher Feuersteinwaffen vorhanden sind.

Es läßt sich geologisch nachweisen, daß stets zuerst Steinwaffen von den Menschen benutzt wurden, daß der Gebrauch derselben dem der Metallwaffen vorausging, und skandinavische Gelehrte insbesondere haben für die Entwickelung des Menschengeschlechts eine Steinzeit und eine Metallzeit unterschieden (vgl. S. 583). Die Metallzeit wird wiederum in Bronze- und Eisenzeit eingeteilt, da der Gebrauch der Bronze demjenigen des Eisens, dessen Bearbeitung schwieriger ist, voranging. Wilde Völkerschaften der Jetztzeit, die sich noch der Steinwaffen bedienen, sind bekannt, diese leben also noch in der Steinzeit! —

Neben den Feuersteinwaffen findet man aufgeschlagene Tierknochen, die ihres Marks beraubt sind, das offenbar zur Nahrung diente, häufig trifft man auf Unterkiefer des Höhlenbären, die in bestimmter Weise bearbeitet eine primitive Axt darstellen. Zu gewissen Zeiten hat besonders in Deutschland die Jagd des Renntiers anscheinend eine sehr große Rolle gespielt, man findet in den betreffenden Ablagerungen massenhaft Renntierknochen, zum Teil zu verschiedenen Geräten verarbeitet. Besonders in den berühmten Funden von Schussenried, die Fraas erhob, sind zahlreiche Renntier-

knochen enthalten. Schussenried liegt an den Quellen der Schussen, eines Flüßchens, das in den Bodensee nicht allzuweit von Friedrichshafen mündet. Hier stieß man unter Torf, Kies und diluvialem Kalktuff auf eine hauptsächlich aus hocharktischen Moosen bestehende Schicht. In dieser „Kulturschicht von Schussenried“ fand Fraas die Reste einer arktischen Fauna (Vielfraß, Bär, Eisfuchs, Singschwan, vor allem Renntier, dann auch Pferd) und die deutlichsten Spuren menschlicher Thätigkeit. Besonders waren die Geweihe des Renntiers in Benutzung gezogen. Auch Feuersteinwerkzeuge sowie Nadeln aus Holz und Horn kamen an dieser Stelle zum Vorschein.

Fig. 320.



Feuersteinwerkzeug. Dreikantige Pfeilspitze aus Quarz.
(Aus der „Räuberhöhle“ am Schelmengraben an der Naab.)

In vielen anderen Höhlen Deutschlands sind seitdem ähnliche Befunde erhoben worden (Hyänenhöhle bei Gera, Einhornhöhle bei Scharzfeld am Harz, die gut zugänglich und bequem zu erreichen ist).

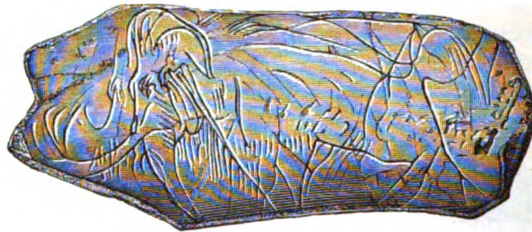
Daß der diluviale Mensch wenigstens in gewissen Gegenden schon einen verhältnismäßig hohen Grad der Kultur erreicht haben mußte, wird z. B. durch den berühmten Fund aus der Landschaft Périgord an der Dordogne in Frankreich erwiesen. Hier fand sich eine Elfenbeinplatte, auf der in unverkennbarster Weise die Darstellung des gewaltigsten tierischen Zeitgenossen, des Mammuts, gegeben wird (Fig. 321 a. f. S.). Ähnliche Funde sind in neuerer Zeit vielfach gemacht worden.

Bei näherem Studium und bei der Vergleichung der Befunde kann man sogar verschiedene Zeitperioden in der Existenz des Diluvialmenschen unter-

scheiden und erkennt die Übergänge zu den alluvialen prähistorischen Funden. Es sei als Denkmäler der allmählichen Entwickelung hier nur erinnert an die „Küchenabfälle“, die „Kjökkenmöddinger“, die man in Dänemark entdeckte, an die Hünengräber, die sich über einen großen Teil Mitteleuropas ausgebreitet, besonders aber in Südschweden finden, an die Pfahlbauten, die zuerst in der Schweiz entdeckt wurden, deren Vorkommen jetzt aber in vielen Gegenden Deutschlands nachgewiesen ist. Die Pfahlbauten sind ja nicht an eine bestimmte Zeit der menschlichen Vergangenheit gebunden, finden wir doch noch heute Völker, die solche Pfahlbauten aufführen (Neu-Guinea).

Das genauere Studium der prähistorischen Reste ist eines der interessantesten Gebiete, stets muß eine Vergleichung der prähistorischen Funde mit

Fig. 321.



Elfenbeinplatte mit Zeichnung eines Mammuts, aus Périgord an der Dordogne. (Nach Credner, Elemente der Geologie.)

den ethnographischen Thatsachen, die das Studium der heute noch in unkultiviertem Zustand lebenden Völker gefördert hat, eintreten; dadurch ist eine Verbindung der Ethnographie mit der prähistorischen Forschung gegeben.

Überhaupt können wir vielleicht durch nichts uns den Zusammenhang aller menschlichen Forschung so klar machen, wie durch das Studium der Vorgeschichte der Menschheit. Die verschiedensten Zweige der Naturwissenschaft berühren sich hier mit Kulturgeschichte und vergleichender Sprachwissenschaft und lassen uns die von unseren großen Geistesheroen, wie den Brüdern Humboldt, stets betonte Einheit alles Wissens ahnen, eine Einheit, deren Bewußtsein uns aber in dem notwendigen Specialstudium eines kleinen Gebietes oft verloren geht.

Für das Vorhandensein des Diluvialmenschen würden als Beweise die angeführten Thatsachen vollkommen genügen; es ist der Forschung jedoch gelungen, noch weitere einwandsfreie Beweise dadurch zu erbringen, daß Menschenreste, Knochen von Menschen in diluvialen Ablagerungen entdeckt wurden. Nur einige der bedeutsamsten Funde sollen hier kurz erwähnt werden [1]).

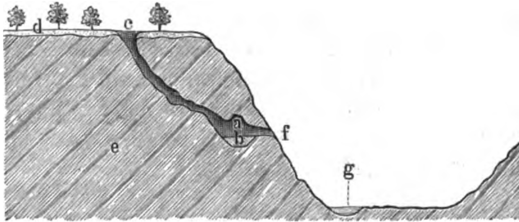
Der berühmteste und wohl auch wichtigste Fund ist der, welcher im Jahre 1857 im Neanderthal nicht weit von Düsseldorf gemacht wurde.

Es fanden sich daselbst in einer Höhle in einer Lagerung, die keinen Zweifel

[1]) Für weiteres wissenschaftliches Studium ist die übersichtliche Zusammenstellung von Klaatsch zu empfehlen, in der sich auch ausführliche Litteraturangaben finden. (H. Klaatsch, Die fossilen Knochenreste des Menschen und ihre Bedeutung für das Abstammungsproblem. Ergebnisse der Anatomie und Entwickelungsgeschichte von Fr. Merkel und R. Bonnet.)

an dem mindestens diluvialen Alter der Fundstücke aufkommen lassen kann, die Reste eines menschlichen Skelettes. Dieselben werden gegenwärtig im Bonner Provinzialmuseum aufbewahrt. Die nachstehend beigefügte Figur 322 giebt einen Begriff von der Lage der Höhle.

Fig. 322.



Durchschnitt durch das Neanderthalhöhlengebiet bei Düsseldorf.
a Höhle ca. 19 m über dem Düsselfluß (g) und $31\frac{1}{2}$ m unterhalb der Gegend bei c; b Lehmablagerung auf dem Boden der Höhle, worin das Menschenskelett nahe am Grunde gefunden wurde; c b Spalte zwischen der oberen Gegend und der Höhle; d sandiger Boden auf der Oberfläche; e devonischer Kalkstein; f Felsenriff; g Düsselfluß.
(Nach Lyell, Das Alter des Menschengeschlechts.)

Nach Koenen liegen die Menschenreste sogar in tertiären Schichten, und der Neanderthalmensch wäre demnach als tertiär anzusehen. Koenen hat nach eingehenden Untersuchungen die Schichtenfolge in nachstehender Weise charakterisiert:

oben ↑
- a) 5 m Lehm,
- b) 1 m Feinsand,
- c) 3,70 m Löß mit Schnecken: Helix hispida und costata, Succinea oblonga,
- d) Geschiebe und Löß mit Diluvialfaunaresten,
- e) Tertiäre, oligocäne Ablagerungen, Geröll, Lehm u. s. w. mit Knochen des Neanderthalmenschen.
- f) Devonisches Kalksteingebirge.

↓ unten

Es sei jedoch bemerkt, daß Koenens Ansicht betreffs des tertiären Alters des Neanderthalmenschen keine allgemeine Zustimmung gefunden hat.

Daß die Funde in der Neanderthalhöhle menschliche Knochenreste darstellen, darüber kann kein Zweifel walten; fraglich und für die Vorgeschichte des Menschen von hoher Bedeutung war jedoch, ob und in wie hohem Grade die betreffenden Skeletteile sich von den gleichartigen der lebenden Menschen unterscheiden. Für diese Untersuchungen ist das Schädelfragment, Fig. 323 a. f. S., von hervorragender Bedeutung geworden, während die übrigen Stücke (Schulterblatt, Schlüsselbein, Rippenfragmente, Teile des Beckengürtels u. s. w.) von geringerem Werte hierfür erscheinen.

Es ist unmöglich, auf die verschiedenen Angaben und Meinungen hier einzugehen. Nach sehr sorgfältigen neuesten Untersuchungen unterscheidet sich der Neanderthalschädel in so wichtigen Punkten von dem Schädel der jetzt lebenden Europäer nicht nur, sondern auch aller gegenwärtig lebenden Menschen-

rassen, daß wir sicherlich berechtigt sind, eine besondere prähistorische Rasse anzunehmen, ja Professor G. Schwalbe in Straßburg, der sich eingehend mit diesen Untersuchungen beschäftigt hat, ist der Ansicht, daß der homo Neanderthaliensis eine eigene Art gegenüber den jetzt lebenden Menschen darstellt. Der Schädel weist auf eine niedere Entwickelung des Neanderthalmenschen hin, wir haben hier eine tiefere Stufe des Menschengeschlechts vor uns.

Dafür, daß in der Zeit des Neanderthalmenschen zum mindesten eine andere Rasse, als heutzutage, in der Gegend des Rheins gelebt hat, spricht auch, daß wir Funde von Menschenschädeln aus anderen Gegenden kennen, die so sehr mit dem Neanderthalschädel übereinstimmen, daß man sie als zu derselben Rasse bezw. Art gehörig betrachten darf und berechtigt ist, von einem „Neanderthaltypus“ zu sprechen.

Fig. 323.



Schädelfragment aus der Neanderthalhöhle.
(Nach Schaaffhausen.)

Zu diesem Typus gehören vor allem die beiden Schädel, welche aus der Grotte von Spy (in Belgien) stammen. „Unter einer Schicht von Kalktuff fand sich in der Grotte von Spy eine Lage, in welcher zahlreiche Feuersteininstrumente eingebettet waren, zusammen mit Resten von Elephas primigenius, Rhinoceros tichorhinus, Ursus spelaeus, Hyaena spelaea und anderen diluvialen Formen. Mit diesen lagen die beiden Spyskelette im gleichen Niveau, so daß an ihrer mit jenen Formen gleichzeitigen Existenz nicht gezweifelt werden kann [1])“.

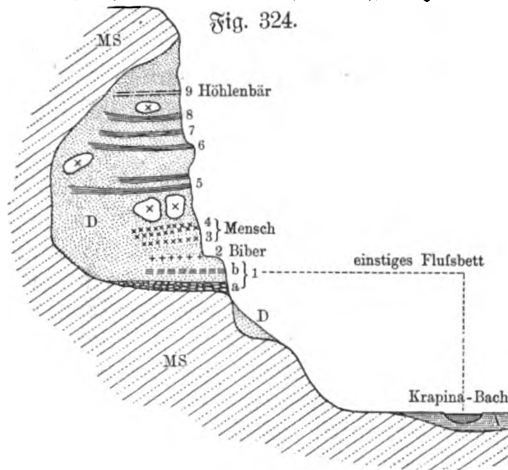
In neuester Zeit sind am Krapina-Bach (Kroatien) von Gorjanović-Kramberger Bruchstücke mehrerer Menschenschädel, die übereinstimmend die Merkmale des „Neanderthaltypus“ aufweisen, in Gesellschaft diluvialer Säugetiere, wie Rhinoceros tichorhinus, Bos primigenius, Ursus spelaeus u. s. w. gefunden worden. Die Schädelreste der Menschen trugen Brandspuren; man hat daran gedacht, daß hier ein kannibalisches Mahl abgehalten sei. Eine Skizze der Lage der menschlichen Überreste wird das Alter derselben zweifellos er-

[1]) Angabe nach Klaatsch, a. a. O.

scheinen lassen (Fig. 324). Diese Befunde sind eine weitere Bestätigung der eben mitgeteilten Ansicht über die Berechtigung einer Neanderthal=Rasse bezw. =Art.

Ein anderer berühmter Schädel, der von Egisheim (bei Kolmar), ist nach Prof. G. Schwalbe dieser Gruppe des Neanderthaltypus zwar nicht zuzurechnen, zweifellos stellt jedoch der Egisheimer Schädel ebenfalls einen sehr alten Befund dar. Prof. G. Schwalbe schreibt darüber[1]): „Das Schädelfragment von Egisheim gehört nicht zu der Spy=Neanderthal=Gruppe, unterscheidet sich aber vom typischen modernen Elsässer Schädel bedeutend durch seine Dolichocephalie (Langköpfigkeit) und tritt dadurch in die Reihe der ältesten aus dem Elsaß bekannten prähistorischen Schädel, die ebenfalls dolichocephal sind (Schädel von Bollweiler), bezw. der Schädel des sogen. Cro=Magnon=Typus." Der letztere hat nach einer Grotte im Vézèrethal (Dordogne) seinen Namen.

Fig. 324.



Fundstelle am Krapina=Bach.

MS = Miocän=mariner geschichteter Sandstein.
D = Diluvium und zwar Verwitterungsprodukte von MS.
9–2 = Kulturschichten mit Holzkohle, Asche, verbranntem Sand, Steinwerkzeugen und Knochentrümmern (mehr oder minder verbrannt).
1b = tegeliger Sand
1a = grobes Geröll
(nur diese letzteren beiden Schichten sind Sedimente des Krapina=Wassers; alle übrigen Schichten sind Verwitterungsprodukte der überhängenden Felswand.)
× = herabgefallene zwischen den Kulturschichten eingebettete Sandsteinblöcke.
A = Bachalluvium.

(Nach dem Correspondenzblatt der deutschen Gesellschaft für Anthropologie u. s. w. 1900.)

Sehr alte menschliche Reste (Zähne) hat man auch in Taubach bei Weimar gefunden und zwar zusammen mit solchen von Elephas antiquus und Rhinoceros Merckii, Vertretern einer älteren zoologischen Epoche als das Mammut.

Diese und noch andere Funde von Menschenresten, denen jedenfalls ein hohes prähistorisches Alter zugeschrieben werden muß, sollen hier nicht ausführlicher berücksichtigt werden.

Durch die angeführten Thatsachen wird sich uns die Überzeugung befestigen, daß selbst die ältesten geschichtlichen Überlieferungen der Ägypter, Babylonier, Chinesen, Inder jung sind im Vergleich zu dem Alter des Menschengeschlechts, das wir sicher weit in die unserem Alluvium voraufgehende Erdepoche, vielleicht sogar noch weiter verfolgen können.

[1]) Mitt. d. philomath. Gesellsch. in Elsaß=Lothringen, 5. Jahrgang.

V. Die Erdentstehung. — Die Bildung der Erde.
(Geogenesis, Geogenie.)

1. Entwickelung der Erdentstehungsgeschichte.

Der vom Menschengeschlechte bewohnte Bau erhielt nicht sogleich und auf einmal seine jetzige Gestaltung. Versuchen wir es, die Entstehungsgeschichte desselben zu entwickeln und eine bestimmte, auf Erfahrung und Thatsachen gestützte Vorstellung über ihren Anfang und Verlauf zu gewinnen. Die Geschichte der Erde ist zuerst eine kosmische, der Weltbildung angehörige, und dann eine tellurische, auf ihren eigenen Verlauf angewiesene. Von jeher indes hat die **Kosmogenie**, die Entstehung der Welt, die Geister aller Völker beschäftigt, und wir finden entsprechend ihrem Bildungszustande in den Mythen derselben die ungeheuerlichsten Vorstellungen, vermengt mit den nebelhaften Bildern dichterischer Phantasie. Aber weder tiefsinnige Philosophen, noch phantasiereiche Dichter konnten uns befriedigende Darstellungen überliefern, die zusammengehalten mit den Ergebnissen der Naturforschung sich als irgend annehmbar erfunden hätten. Erst von dem Augenblicke an, als diese eine genauere Erkenntnis über das Walten der Naturkräfte gewonnen hatte, als man es wagen konnte, die im Bereich unserer Erde und Erfahrung sich offenbarenden Kräfte für von Ewigkeit durch die ganze Welt wirkende zu erklären, begegnen wir Ansichten, die mehr für sich haben, als den Glanz geistreicher Erfindung (vergl. Astronomie).

Als eine solche hat sich die zuerst von dem Mathematiker und Philosophen **Kant** und später von dem Physiker **Laplace** ausgesprochene Ansicht bewährt. Hiernach war die ganze Masse, aus welcher gegenwärtig die Sonne samt den ihr zugehörigen Planeten besteht, ursprünglich in Gasform aufgelöst vorhanden und erstreckte sich noch über die Entfernung unseres entferntesten Planeten. Die Berechnung zeigt, daß diese Dunstmasse noch eine weit geringere Dichte haben mußte als die durchsichtigen Nebel, welche den Schweif der Kometen bilden.

Der erste Bildungsakt begann damit, daß im Mittelpunkt jenes ungeheuren Gasballs eine Verdichtung eintrat, daß ein Kern sich bildete und in Umdrehung (Rotation) versetzt wurde, welche sich der ganzen Dunsthülle mitteilte. Wodurch die Drehung zu Stande kam, entzieht sich unserer Erkenntnis; wir müssen die Rotation der Weltkörper als eine gegebene Erfahrungsthatsache hinnehmen. Der Gasball mußte jetzt, entsprechend der Centrifugalkraft, eine gedrückte, etwa linsenförmige Gestalt annehmen. Eine weitere Verdichtung des inneren Kernes veranlaßte eine immere raschere Rotation, so daß endlich an dem Umfang seiner Dunsthülle die Fliehkraft die Oberhand gewinnen und den äußersten Teil derselben in Gestalt eines Ringes ablösen mußte. Dieser Gürtel setzte die Umdrehung in der früheren Richtung fort, verdichtete sich

jedoch allmählich und rollte sich zu einem selbständigen Ball zusammen, und es entstand somit der äußerste oder erste Planet. Die fortschreitende Verdichtung des Centralkerns bewirkte eine vermehrte Umdrehungsgeschwindigkeit, und es folgte so eine Reihe von Losreißungen äußerer Schichten, aus welchen die Planeten der Reihe nach hervorgegangen sind. Nicht bei allen abgetrennten planetarischen Massen war der nachfolgende Verlauf ein gleicher. Bei einigen von ihnen wiederholte sich im kleinen der oben beschriebene Vorgang der durch rasche Rotation bewirkten Losreißung, und es entstanden also die Trabanten oder Monde; ja bei dem Saturn finden wir das auffallende Beispiel abgelöster Ringe, die sich erhalten haben. Auch ist der Fall vorgekommen, daß die vom Hauptkörper gelöste Dunsthülle sich nicht in einen einzigen Planeten zusammenballte, sondern sich in eine große Anzahl kleiner Weltkörper zerteilte, denen wir als Asteroïden, einem Schwarm kleinerer Planeten, in ziemlich gleichem Abstande von der Sonne begegnen. Mit dem Hervortreten des jüngstgeborenen Planeten hat unser Planetensystem seinen Abschluß erhalten, dessen Kern als Sonne forthin als unteilbarer Mittelpunkt der Anziehung zu den Planeten sich verhält.

Diese Theorie ist nur ein erläuternder Ausdruck der im Planetensystem wirklich gegebenen Verhältnisse und insbesondere begründet darauf, daß alle Planeten und Trabanten sich in derselben Richtung bewegen und um ihre Achsen drehen, welche der Achsendrehung der Sonne entspricht, mit alleiniger Ausnahme der Trabanten des Uranus.

2. Der Erdkern und die Entstehung der Erdrinde.

Verfolgen wir nun den als künftige Erde in deren jetzige Bahn geschleuderten Gasball, so tritt allmählich zum Einfluß der geltenden physikalischen Kräfte die chemische Mitwirkung hinzu. Die bisher durch große Entfernung voneinander getrennten Atome der Elemente werden einander genähert, sie ziehen sich an, vereinigen sich und es beginnt der chemische Prozeß. Wir sehen bei unseren chemischen Versuchen, wie eine jede energische Verbindung von Elementen begleitet ist von großer Wärmeentwickelung. Erst mit abnehmender Temperatur konnten die Elemente sich zu chemischen Verbindungen vereinigen, da keine der natürlich sich findenden chemischen Verbindungen in hohen Temperaturen zu bestehen vermag. Gasförmige Körper bildeten die Atmosphäre, welche als Hülle den dichteren Erdkern umgab, und es gesellten sich zu ihr die Dämpfe einer großen Menge von flüchtigen Verbindungen, die bei jener Hitze im flüssigen oder festen Zustande nicht verharren konnten. Was heute Meer ist, war damals noch Wasserdampf, und die Erde erscheint uns in jenen ersten Bildungszuständen als weicher glühender Kern, umgeben von einer ungeheuren, sehr dichten Atmosphäre.

Aber beständig Wärme in den unendlichen Weltraum ausstrahlend erlitt dieser Feuerball eine Erniedrigung seiner Temperatur zumeist an der Oberfläche. Schwer schmelzbare, schwer flüchtige oder durch Hitze schwer zersetzbare chemische Verbindungen, wie z. B. von Kieselsäure und Thonerde, schieden sich aus, bildeten bei fortwährender Abkühlung einen dünnen Über-

zug, eine schwache Kruste über dem glühenden Erdkern und trennten diesen von seiner Dampfatmosphäre. Hiermit war der Anfang gemacht zur Entstehung der Erdrinde, die nun rascher an Stärke zunehmen konnte, da die unmittelbare Einwirkung der inneren Glut abgehalten war, und daher die als Dampf vorhandenen Verbindungen wenigstens teilweise als Flüssigkeit sich auf der Erdrinde niederzuschlagen vermochten.

Die im vorstehenden entwickelte Theorie, wonach die Erde eine durch die Verdichtung einer Dunstmasse entstandene Kugel ist, die aus einer glühend geschmolzenen Masse besteht, umgeben von einer starren Rinde, über welche Wasser und Luft sich ausbreiten, hat eine wesentliche Verstärkung erhalten durch Thatsachen, die im Weltenraum und auf der Erde selbst beobachtet worden sind (vgl. Astronomie).

Wir wissen, daß jeder Ort der Erde eine bestimmte mittlere Jahrestemperatur besitzt, welche abhängig ist von seiner geographischen Breite und seiner Lage, insbesondere seiner Erhebung über das Meer. Während dieselbe für Deutschland durchschnittlich + 9 bis 11° C. ist, beträgt sie am Äquator über + 25° C. Auffallend ist es nun, daß, wenn an irgend einem Ort das Thermometer 1 m tief unter der Erdoberfläche in den Boden eingesenkt wird, dasselbe den Wechsel der täglichen Temperatur nicht mehr anzeigt, sondern nur noch den jährlichen. In der Tiefe von 25 bis 30 m dagegen zeigt das Thermometer beständig ein und dieselbe Temperatur, welche ungefähr gleich ist der mittleren Jahrestemperatur an der Oberfläche der Erde des Beobachtungsortes (vgl. Bodentemperatur, S. 303). Hierin bringt weder der heißeste Sommer noch der kälteste Winter eine Änderung hervor. Gehen wir von diesem Punkte abermals tiefer, so steigt das hundertteilige Thermometer für je 30 m um einen Grad. Diese merkwürdige Zunahme der Erdwärme nach dem Mittelpunkt der Erde hin hat sich an den verschiedensten Orten der Erde und fast für jede bis jetzt bekannte Tiefe bestätigt[1]); sie ist nur aus der von der Sonne unabhängigen inneren Erdwärme zu erklären.

Sodann haben wir in der Abplattung der Erde an ihren Polen, die in der Astronomie genau dargelegt wird, einen Hauptgrund für die Annahme zu erkennen, daß dieselbe einmal flüssig war. Die Schwingungen des Pendels, vermöge welcher die Abplattung entdeckt und nachgewiesen worden ist, zeigen an den verschiedenen Punkten der Erde eine Gesetzmäßigkeit, die auf eine solche gleichmäßige Verteilung ihrer Masse schließen läßt, wie dies nur innerhalb eines Körpers geschehen konnte, dessen Teilchen beweglich waren.

Als Ergebnis von Messungen, die nach verschiedenen Methoden ausgeführt worden sind, ist die Dichte der Erde gleich 5,5 gefunden worden. Die Gesteine ihrer Rinde haben aber durchschnittlich nur das specif. Gew. 2,2, so daß ein Kern vorhanden sein muß, der ein bedeutend höheres, zu 7,7 anzunehmendes specifisches Gewicht besitzt. Es hat sich also in dem Erdkörper die Materie dem Gesetz der Schwere entsprechend angeordnet, was nur bei einem flüssigen Zustande desselben möglich war.

[1]) Einzelne Abweichungen siehe S. 305.

Die Gesamtheit der angeführten Thatsachen, vor allem auch die vulkanischen Erscheinungen und die daran sich reihenden Schlüsse, führen uns zu der Annahme, daß die Erdmasse einstmals feurig-flüssig war, und daß ihr Inneres heute noch in diesem Zustande sich befindet. Von dieser Annahme ausgehend gewinnen die geologischen Bildungen Zusammenhang und Reihenfolge und lassen sich in ihrem Auftreten und in ihren Einzelheiten befriedigender erklären, als auf irgend eine andere Weise.

Kehren wir zurück zu der Erde, die mit der Bildung einer Rinde ihre Abgrenzung erhalten hat. Es ist anzunehmen, daß diese schwache Kruste wiederholte Einbrüche erlitt, bis sich endlich die Bruchstücke fester fügten, vergleichbar zusammengetriebenen Eisschollen, und es bildete die Erde nunmehr einen stark abgeplatteten Ball, ohne Erhöhungen, bedeckt von einem nicht tiefen, heißen Meere und umhüllt von einer dichten Atmosphäre.

Kaum ist zu erwarten, daß unter den Gesteinen, die wir heute antreffen, noch ganz unveränderte Teile jener anfänglichen Erdrinde sich erhalten haben. Man glaubt, daß die krystallinischen Schiefer und der Gneis, die durch Schwerlöslichkeit und Schwerschmelzbarkeit sich auszeichnen, den meisten Anspruch haben, als solche Urgesteine bezeichnet zu werden, wenn auch verändert durch spätere Einflüsse.

Daß die Erde nach diesem ersten, einfachen Zustande wiederholte und tief eingreifende Umgestaltungen an ihrer Oberfläche erlitten hat, ist augenfällig; schwieriger ist es dagegen, festzustellen, wann und wie dieselben sich vollzogen haben. Das „Wann" liegt jedenfalls jenseits aller geschichtlichen Zeit. Als wesentlich ist aber hervorzuheben, daß die geologischen Vorgänge nicht in einzelnen plötzlich auftretenden und scharf abschließenden Akten mit Zwischenräumen sich vollzogen haben, wie die Handlungen eines Schauspiels. Nie hat ein Weltuntergang, sei es durch Feuer oder Wasser, in dem gewöhnlichen Sinne genommen, stattgefunden. Die Sintflut (große Flut, nicht Sündflut), die in den Sagen der verschiedensten Völker eine Rolle spielt, ist auf die Erscheinung großer Überschwemmungen zurückzuführen und auf die Vorstellung der Menschheit in ihrer Kindheit, daß örtliche Umänderungen allgemein gewesen sein müßten. Die geologischen Vorgänge gleichen dem stetigen Entwickelungsgang in der Menschengeschichte, in der wir rückwärts blickend zwar einzelne größere Perioden unterscheiden, aber Anfang und Ende einer jeden derselben nicht in ein einzelnes Jahr, ja kaum in ein bestimmtes Jahrhundert mit Sicherheit zu verlegen vermögen.

Ebenso wäre es ein Irrtum, anzunehmen, daß die erfolgten Umgestaltungen, wie gewaltsam und staunenswert sie uns auch erscheinen, hervorgebracht worden seien durch absonderliche rohe und gewaltige Naturkräfte, wie sie der mittlerweile gealterten Welt jetzt nicht mehr zur Verfügung ständen.

Die Physik lehrt, daß die Energie ebenso ewig und unvergänglich ist, wie die Materie, deren Unzerstörbarkeit die Chemie darthut. Von jeher haben Schwere, Wärme, chemische Anziehung, Elektricität und Magnetismus auf dieselbe Materie eingewirkt, wie heutigen Tages. Wenn wir als Folgen der geologischen Vorgänge der früheren Zeit Wirkungen und Erzeugnissen be-

gegnen, wie wir sie jetzt nicht mehr zustande kommen sehen, so waren es nicht Kräfte anderer Art, die das Werk vollbracht haben, sondern es waren hierzu andere Bedingungen vorhanden, oder solche, die sich unseren Augen entziehen.

Insbesondere ist festzuhalten, daß geringe Äußerungen einer Kraft, die im Augenblick kaum oder gar nicht bemerklich sind, wenn sie stetig und unablässig in langen Zeiträumen fortwirken, zu einer Endwirkung der erstaunlichsten Art sich summieren können. Einer unmerklich langsamen Hebung, die Tausende, ja Millionen von Jahren anhält, kann das höchste Gebirge seine Entstehung verdanken; die Auswaschung von Flußthälern, der Niederschlag und die Verkittung des weggeführten Schlammes zu Schiefern und Sandsteinen, der Aufbau der Korallenbänke und Kreidebänke durch eine zum Teil unsichtbare Tierwelt sind weitere Beispiele leise, aber stetig geologisch gestaltender und umgestaltender Kräfte (vergl. Orogenie).

Es ist daher nur zu natürlich, wenn man an der Hand der jetzt noch vor sich gehenden Veränderungen und der Zeiten, die sie erfordern, auf die Dauer geologischer Zeiten zu schließen sucht. Keine der benutzten Methoden ist indes einwandsfrei, keine ergiebt Resultate, die auf Hunderte, ja nur auf Tausende von Jahren sicher wären.

Die ältesten Dokumente von Menschenhand, bei denen historische Aufzeichnungen stattgefunden haben, mögen aus dem fünften Jahrtausend vor unserer Zeitrechnung stammen; wenigstens wird die Stiftung des ägyptischen Königtums durch Mena in die Mitte des fünften Jahrtausends verlegt; jedoch auch hier weichen die Zahlenangaben schon nicht unbedeutend ab. Die altassyrischen und altbabylonischen Kulturen dürften ebensowenig wie die indische oder chinesische Kultur ein höheres Alter beanspruchen können. Aber alle diese Zeiten verschwinden gegen die prähistorischen und die geologischen Zeitalter. Aus den Überresten alter Kulturen ohne schriftlichen Nachlaß läßt sich auf die Zeit deshalb so wenig schließen, weil die Völker in allen Zeiten verschieden weit vorgeschritten waren; noch heute giebt es Völker, die auf derselben Kulturstufe stehen wie die Urbewohner Mitteleuropas, und bei denen von einer Geschichte nicht die Rede sein kann. Die Reste der alten Kulturen in Südafrika, Yukatan, Arizona sagen uns zwar, daß andere Stämme in jenen Gegenden gelebt haben müssen, die zu Grunde gegangen sind, aber einen Anhalt zur Bestimmung der Zeit, in der dieses der Fall war, haben wir nicht. Daß die Zeiträume der Prähistorie sehr groß gewesen sind, ist wahrscheinlich, wenn man bedenkt, daß der Mensch die Erfindungen in Beziehung auf Wohnung, Kleidung, Ernährung mit Hülfe des Feuers im ersten Stadium der Kultur machen mußte. Aus den gefundenen Überresten diluvialer Organismen und aus direkten Spuren des Menschen würde die Zeit der Prähistorie jedenfalls bis zur Eiszeit zurückzulegen sein, die vor 27000 Jahren in Europa stattgefunden hat, wenn man astronomische Ursachen (Änderungen in der Erdbahn und Stellung der Erdachse) der Berechnung zu Grunde legt; vor 10000 bis 15000 Jahren dagegen, wenn man die Perioden nach dem Rückzug der diluvialen alpinen Gletscher berechnet. Sucht man endlich eine Vorstellung von der Länge der Zeiträume auf Grund der

Dauer von Vorgängen zu erhalten, die sich noch vollziehen, so erhält man überhaupt kein sicheres Resultat. Das Zurückschreiten der Niagarafälle beträgt jährlich ungefähr 0,33 m, die Schlucht, die der Strom sich gegraben hat, ist 12000 m lang, zu ihrer Entstehung würde daher ein Zeitraum von 36000 Jahren notwendig gewesen sein unter der Voraussetzung, daß das Zurückweichen ganz gleichmäßig stattgefunden hat; für die Gleichheit der Wirkung haben wir aber keinen Beweis. Wenn man hingegen aus dem Anwachsen und der Erhöhung des Deltas und der Sedimente bei periodischen Überschwemmungen einen Schluß zieht, so ist dies deshalb unrichtig, weil die von Flüssen abgesetzten Mengen zu verschiedenen Zeiten sehr verschieden sind; für das Nilthal nimmt man eine Erhöhung von 126 mm im Jahrhundert für das Gebiet oberhalb Kairo, von 61 mm für das Delta an. Ebenso unsicher sind Schätzungen aus dem Anwachsen der Kalksinter, der Tuffe, Stalaktiten und anderer Gebilde. Man hat in Tropfsteinhöhlen sowohl das Wachsen der Stalaktiten wie der Stalagmiten beobachtet. So wurde z. B. in der Ingleborougher Höhle ein Stalagmit gemessen (1839 bis 1843), dessen jährliches Wachstum 7,47 mm betrug, bei einem Stalaktiten ergab sich eine jährliche Längenzunahme von 7,46 mm. Es ist also die Wachstumsgeschwindigkeit sehr groß, denn bei einer Wachstumsgeschwindigkeit von 6 mm können sich 6 m hohe Stalagmiten in 1000 Jahren bilden. Bei künstlichen Stalaktiten ist die Wachstumsgeschwindigkeit noch größer, denn man hat 7 cm lange Stalaktiten sich innerhalb fünf bis sechs Monaten bilden sehen. Den einen Schluß aber gestatten diese Bildungen jedenfalls, daß das, was sie bedecken, älter sein muß als die Bildung selbst, so bei Gegenständen, die mit Torflagern bedeckt sind, so bei den Knochenresten, welche unter festem Kalksinter in Höhlen gefunden wurden. Wie schnell solche Sinterabsätze vor sich gehen, zeigen ja die Karlsbader Quellen (vgl. S. 473), in deren Wasser Pflanzenteile sich bald mit Calciumkarbonat inkrustieren, die dann als Erinnerungsgegenstände für die Badegäste dienen.

Wenn diese Anhaltspunkte sich als ganz unzuverlässig erweisen, so geben die Erosionsthäler (Cañons) eher einen Anhalt. Die Einschnitte, welche die Flüsse der sächsischen Schweiz, oder im größten Maßstabe der Colorado gemacht haben, führen auf Zeiträume, die 100000 Jahre weit übersteigen, und die großen Hebungen und Senkungen, die in historischer Zeit beobachtet wurden, geben, auf Ufermarken, Strandlinien und andere Zeichen der Niveauverschiebungen übertragen, Zahlen bis 224000 Jahre allein für die Bildungen des Alluviums und Diluviums. Ebenso ergeben die Korallenbauten unter der Annahme gleichmäßigen Wachstums und gleichzeitiger Senkung, da die Riffe im Jahre durchschnittlich 1 cm wachsen, einem Zeitraum von 70000 Jahren, wenn das Riff eine Höhe von 700 m hat.

Jedenfalls folgt, daß schon für die Bildungen der Neuzeit sehr große Zeiträume erforderlich gewesen sind, die aber noch weit übertroffen wurden von den früheren Perioden, so daß für uns die geologische Zeit der Bildung der Erdrinde in der That nach Einheiten von Jahrtausenden rechnen muß. Immer aber waren seit den ältesten Zeiten die Naturkörper Änderungen unterworfen, und überall macht sich dabei das Princip des Fortschreitens

vom Unvollkommenen zum Vollkommenen geltend in der Weise, daß, wenn nach und nach Bildungen untergegangen sind, gleichzeitig neuere, mehrleistende dafür entstehen. Darum ist es für die Menschheit eine Pflicht, das geschichtlich Gewordene festzuhalten, und für die Zukunft das Bessere vorzubereiten, zugleich aber Veranstaltungen zu treffen, daß die frühere Geschichte der Menschheit bekannt bleibt.

3. Scheidung von Wasser und Land.

Land und Meer. Kaum gebildet hatte die junge Erdrinde einzutreten in den Kampf ums Dasein. Was ihr jedoch an der Außenseite durch die lösenden und losreißenden Angriffe des Wassers entrissen wurde, ersetzte der Zuwachs durch die an der Innenseite erstarrende Masse, gleichwie die Eisdecke eines Teiches nach unten sich verdickt. Ungeachtet der Verstärkung, welche die Erdrinde hierdurch gewann, konnte eine Periode neuer Durchbrechungen derselben nicht ausbleiben. Gewaltsam wird die weiche innere Erdmasse hier durch die Risse ihres zu enge gewordenen Kleides hervorgepreßt, während dort die Flut der Gewässer sich in die geöffneten Spalten stürzt und somit ein großartiger Kampf der Kräfte beginnt. Die Bruchstücke der Rinde sind bereits zu groß und zu dick, um wie bei dem anfänglichen Untergang sofort wieder einzuschmelzen; vom Durchbruch gehoben schieben und stauen sie sich in- und übereinander und treten als erstes Festland über den Wasserspiegel hervor, hier und da den Kamm eines niederen Gebirgszuges bildend, umspült von einem ausgedehnten Meere.

Der Vorgang dieser Periode der Scheidung von Wasser und Land kann möglicherweise auch in nachfolgender Weise stattgefunden haben. Der äußerste, durch Erkaltung zuerst entstandene Teil der Erdrinde bildete eine feste Schale, welche bei dem allmählich eintretenden Schwinden ihrer Unterlage nicht folgen konnte, ohne sich einzuknicken und aufzustauen. Es bildeten sich hierdurch Erhöhungen und Vertiefungen, vergleichbar mit den Runzeln in der Schale eines welkenden Apfels, dessen Fleisch durch Austrocknung schwindet. Unsere heutigen Gebirge bilden aber verhältnismäßig lange nicht so starke Hervorragungen auf der Erde, als die Runzeln auf einem Apfel.

Entscheiden wir uns für die eine oder für die andere Ansicht, so läßt jede die Annahme zu, daß nicht allerwärts die Bruchstücke der Erdrinde sich gleich fest und genau wieder zusammengefügt haben. Ungleichheiten in ihrer Stärke konnten sich bilden; hier eine Verstärkung durch Übereinanderschiebung der Schalen, dort eine schwache Stelle, wo die Stauung von Bruchstücken einen Riß gleichsam nur überbrückte. Solche schwache Stellen sind es, die in späteren Epochen neuen Durchbrüchen den Ausweg erleichterten.

4. Entstehung des organischen Lebens.

Pflanzen und Tiere. Mit der Erhebung des Festlandes ging die Atmosphäre durch Verdichtung und Niederschlagung darin reichlich enthaltener dampfförmiger Körper aus dem Zustande einer Dampfatmosphäre über in eine Gasatmosphäre, ähnlich unserer heutigen Luft. Die Bedingungen zur

Entwickelung des organischen Lebens stellten sich ein und mit ihr die uns noch rätselhafte Entstehung von Pflanzen und Tieren. Bei der Einfachheit und Ähnlichkeit im Bau der niedersten Formen beider Reiche ist die Annahme zulässig, daß dieselben gleichzeitig ihren Anfang genommen haben und zwar in den Gewässern. Erst nachdem durch den zersetzenden Einfluß der Luft und der atmosphärischen Niederschläge eine Verwitterung der Erdrinde begonnen hatte, konnten Pflanze und Tier auf dem Festlande Fuß fassen.

Es ist gezeigt worden, daß anfänglich nur niedere Formen (vergl. Teil I, S. 396) auftraten, und daß im Verlauf der geologischen Perioden allmählich und stufenweise immer höhere zum Vorschein kommen, bis herauf zum Menschen. Welch' bedeutende Störungen hierin auch durch geologische Ereignisse vorgekommen sein mögen — niemals wurde die vorhandene Pflanzen- und Tierwelt vollständig vernichtet und ersetzt durch eine neue Schöpfung anderer Art — niemals wurde der Faden zerrissen, der hinüberleitet von einer Periode zur anderen. Jede nachfolgende zeigt uns mindestens einige Arten, die sich erhalten haben, und vererbt wieder deren um so mehr, zu je jüngeren Formationen wir uns erheben.

Wodurch dieser Formenwechsel in den lebendigen Gebilden bedingt und zu immer vollkommneren und manigfaltigeren Gestalten, wie sie heute vor uns auftreten, fortgeführt worden ist, dies zu erforschen bildet eines der interessantesten Probleme der modernen Naturwissenschaft (siehe Darwins Theorie, S. 231 ff.). Hier werde nur bemerkt, daß die mit der Zeit erfolgenden Änderungen in der Temperatur, sowie in der chemischen Zusammensetzung von Luft und Wasser nur einen untergeordneten Einfluß auf den sich vollziehenden staunenswerten Formenwechsel haben konnten.

5. Zusammenfassung.

So hätte denn die Erde, wenn wir die astronomischen Verhältnisse mit hineinbeziehen, bisher fünf Entwickelungsphasen durchlaufen: Zunächst die des glühend gasförmigen und dann die des glühend flüssigen Zustandes (astronomische Phasen). Nun folgte der Übergang: eine Schlackenbildung an der Oberfläche trat ein, es bildete sich eine erste nicht leuchtende Schicht mit allmählich erkaltender Oberfläche. In den beiden ersten kosmischen Zuständen befinden sich noch die planetarischen Nebel und die meisten Fixsterne. Eine oberflächliche, stellenweise beginnende Bildung einer festen Schlackenkruste findet auf der Sonne statt. Diese Kruste wurde auf der Erde zunächst in einem vierten Stadium durch das Hervordringen magmatischer Massen wieder beseitigt, wie das jetzt noch bei Fixsternen geschieht, die plötzlich aufleuchten und wieder verblassen. Endlich war die Erkaltung aber soweit vorgeschritten, daß die feste Kruste nicht mehr gänzlich zerstört werden konnte. Dann begann der Wasserdampf sich zu kondensieren, Festländer und Oceane entstanden, und die Eigenwärme der Himmelskörper übte auf die Temperatur der Oberfläche keinen oder nur geringen Einfluß mehr aus, während im Innern mit der fortschreitenden Erstarrung Verschiebungen eintraten. Dann begann die Wirksamkeit der geologischen Kräfte, und die Epochen der Erdentwickelung geben uns ein Bild ihrer Thätigkeit.

Hieran knüpft sich nun unmittelbar die Frage: Wie wird die Zukunft sein? Die geologischen Umänderungen spielen sich in langen Zeiträumen ab, von denen wir uns nur schwierig eine Vorstellung bilden können, und wenn wir die Vorgeschichte der Menschen auf 50 000 bis 60 000 Jahre annehmen, so erscheint uns der historische Zeitraum als eine sehr kurze Spanne Zeit. Aber es ist kein Grund zu der Annahme vorhanden, daß sich im Alluvium die Änderungen schneller vollziehen als in anderen Perioden, und so wird sich die Geschichte des Menschengeschlechts weiter entwickeln und die Menschheit wird Sorge zu tragen haben, daß die Geschichte der menschlichen geistigen Entwickelung nicht verloren geht. Aber weder die Frage: Was wird, wenn die Kohlenfelder erschöpft sein werden? noch die andere: Was wird, wenn die Menschenzahl in stetiger Steigerung so zunimmt, wie seit der Mitte des verflossenen Jahrhunderts, oder ähnliche vermag die Menschheit durch eigene Kraft zu lösen. Der Untergang des Organischen auf der Erde ist möglich, wenn die Sonne erkaltet, und dies müßte eintreten, wenn einmal die Wärmeentwickelung durch die eigene Kontraktion der Sonne und durch hineinfallende Fremdkörper aufhörte; immerhin reicht die gegenwärtig in diesem gewaltigen Centrum unseres Planetensystems aufgespeicherte Wärme hin, um noch Hunderttausende von Jahren die Organismen auf der Erde zu erhalten und jenes geistreiche Phantasiebild, welches darstellt, wie der letzte Mensch beim endlichen Erkalten der Sonne, obschon mit allem Wissen der Menschheit versehen, seinen Untergang nicht abzuwenden vermag, und wie er, nachdem das Wasser erstarrt und alles Leben erloschen ist, selbst dahinstirbt, kann nicht entmutigend dahin führen, daß wir die Überzeugung aufgeben, die der geologischen Entwickelung entspricht, daß nämlich ein stetes Fortschreiten vom Unvollkommenen zum Vollkommneren stattgefunden hat, und daß die Menschheit selbst dazu beitragen muß, diesen Entwickelungsgang zu fördern und an sich zu erarbeiten.

Weit hinweg über die kurze Spanne Zeit, die dem Einzelnen beschieden ist, führt die Geologie zu den Gedanken der Unendlichkeit und Ewigkeit, und hierin gleicht sie der Astronomie.

Anhang.

I. Zur Mineralogie.

A. Übersicht über die Krystallsysteme.

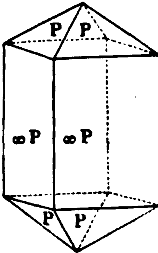
Auf S. 12 u. ff. wurden die Krystallformen so weit beschrieben, als zum Verständnis des bei der speziellen Beschreibung der Mineralien Gesagten notwendig war. Im Folgenden soll in Ergänzung der dortigen Ausführungen die systematische Aufzählung der Krystallsysteme gegeben werden, bei der die Symmetrie der Krystallformen zu Grunde gelegt ist.

An ungestört entwickelten Krystallformen treten, wie die nähere Betrachtung ergiebt, gewisse Flächen stets gleichzeitig auf und zeigen untereinander dieselbe physikalische Beschaffenheit, die sich in der Übereinstimmung von Glanz, Streifung, Kohärenz, optischem Verhalten u. s. w. kundgiebt. So sind an dem Flußspatkrystall, Fig 107, S. 97, stets gleichzeitig acht von den (teilweise mit O bezeichneten) Dreiecken, und ebenso stets gleichzeitig sechs der übrigen (mit $\infty O \infty$ bezeichneten) Flächen vorhanden, und der Krystall besitzt in der Richtung der ersteren Flächen ein Minimum des Zusammenhaltes, ist also nach acht, oder da je zwei von ihnen parallel sind, nach vier Richtungen spaltbar. Man bezeichnet derartige Krystallflächen als gleichwertig und nennt die Regelmäßigkeit, die durch das Vorhandensein gleichwertiger Krystallflächen hervorgerufen wird, die Symmetrie der Krystalle. An der äußeren Gestalt der natürlich sich findenden Krystalle ist diese indes meist nicht deutlich erkennbar, weil die Entfernung der einzelnen gleichwertigen Flächen vom Krystallmittelpunkt, d. h. die Länge der von diesem auf die Flächen gefällten Senkrechten, in der Regel verschieden groß ist. Man kann indes stets die gleichwertigen Flächen parallel mit sich so weit verschieben, bis jene Senkrechten die gleiche Länge besitzen und erhält dann Krystalle, deren Symmetrie auch in der äußeren Form zum Ausdruck gelangt. Freilich weichen diese Idealgestalten von den natürlich sich findenden Krystallformen mehr oder weniger stark ab; sie sind jedoch für die Untersuchung der geometrischen Symmetrieverhältnisse ausschließlich geeignet, und deshalb soll im Folgenden nur von ihnen die Rede sein.

Der höhere oder niedrigere Grad der Symmetrie eines Krystalls äußert sich zunächst darin, daß man sich mehr oder weniger viel Ebenen durch ihn gelegt denken kann, die ihn so teilen, daß, wenn die Teilungsebene als (beiderseits belegter) Spiegel wirkt, das eine Teilstück das Spiegelbild des anderen

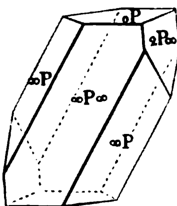
ist. Die Spiegelung in der Symmetrieebene bewirkt demnach eine Deckung der beiden von der Ebene erzeugten Teilstücke des Krystalls. Der unten in Fig. 326 abgebildete Krystall z. B. läßt sich nur durch eine einzige Ebene, die der des Papiers parallel läuft, so teilen, daß das Bild, welches diese als Spiegel gedachte Ebene von jedem Teilstücke erzeugt, sich mit dem anderen, nicht gespiegelten Teilstücke deckt (die Ebene würde durch die beiden im Profil gezeichneten, geneigten Kanten und durch den Mittelpunkt der den beiden Flächen $0P$ und $2P\infty$ gemeinsamen Kante gehen). Der nebenstehend (Fig. 325) abgebildete Krystall des Zinnsteins kann dagegen ebenso durch eine Horizontalebene wie durch vier Vertikalebenen symmetrisch geteilt werden, von denen zwei durch die Kanten des Prismas, zwei andere diesen parallel durch die Mitten seiner Flächen gehen. Während also bei den Krystallen vom Orthoklas nur eine Symmetrieebene vorhanden ist, existieren deren bei den Krystallen des Zinnsteins im ganzen fünf; vier von ihnen schneiden sich in einer vertikal stehenden Geraden und sind gegeneinander unter 45° geneigt, die fünfte steht auf ihnen senkrecht. Vergleicht man ferner die fünferlei Teilstücke miteinander, so findet man leicht, daß jene vier, welche von den beiden vertikal stehenden durch die Prismenkanten gelegten Ebenen erzeugt wurden, untereinander kongruent sind, d. h. durch geeignete Drehung zur Deckung gebracht werden können. Dasselbe gilt für die vier von den anderen beiden vertikalen Symmetrieebenen erzeugten Teilstücke, während keine Kongruenz zwischen den Teilstücken besteht, in die der Krystall von einer der ersteren Symmetrieebenen einerseits, von einer der letzteren andererseits zerlegt wurde. Ganz verschieden von den erwähnten beiden Arten sind endlich die von der horizontalen Symmetrieebene erzeugten Krystallhälften. Man nennt solche Symmetrieebenen, die kongruente Teilstücke erzeugen, **gleichwertig** und kann demnach die vertikal stehenden des betrachteten Krystalls in zwei Gruppen zusammenfassen, deren jede aus zwei zu einander senkrechten Ebenen besteht, und die sich so ineinander ordnen, daß ihre Glieder miteinander abwechselnd Winkel von 45° bilden.

Fig. 325.



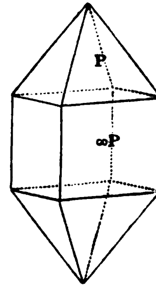
Symmetrisch angeordnete Begrenzungselemente eines Krystalls lassen sich außer durch die Spiegelung noch in einer anderen Weise zur Deckung bringen. Denken wir uns den nebenstehend abgebildeten Feldspatkrystall (Fig. 326) um eine durch seinen Mittelpunkt gehende und zur Ebene des Papiers senkrechte Gerade gedreht, so gelangt er nach einer **Drehung** um 180° in eine Lage, in der er sich mit einem in unveränderter Lage verharrend gedachten Krystall vollständig deckt, während eine zweite Drehung um 180° ihn in seine ursprüngliche Lage zurückführt, also eine abermalige Deckung bewirkt. Man nennt eine Gerade, die so beschaffen ist, daß ein Krystall, der um einen Bruchteil von 360° um sie gedreht ist, mit einem in unveränderter Stellung verharrend gedachten Krystall zur Deckung gelangt, eine **Symmetrieachse**. Die Größe des Winkels, um den man den Krystall

Fig. 326.



drehen muß, bevor die erste Deckung eintritt, bestimmt die Zähligkeit der Symmetrieachse. Im obigen Beispiel ist diese also zweizählig. Die in Fig. 326 und 327 abgebildeten Krystalle besitzen ebenfalls zweizählige Achsen, und zwar deren vier, von denen zwei durch die Mitten zweier gegenüberliegender Prismenkanten, zwei andere durch die Mitten zweier gegenüberliegender Prismenflächen gehen. Eine fünfte Symmetrieachse verbindet die Spitzen der beiden Pyramiden; sie ist indes offenbar vierzählig, da sich der Krystall schon nach einer Drehung um 90° mit einem in seiner ursprünglichen Lage bleibend gedachten deckt. Es läßt sich nachweisen, daß andere als zwei-, drei-, vier- und sechszählige Symmetrieachsen nicht möglich sind [1]).

Fig. 327.



In den beiden betrachteten Fällen stehen die Symmetrieachsen gleichzeitig senkrecht zu je einer der vorhandenen Symmetrieebenen. Sind nun, wie in Fig. 326 (oder auch 327) mehrere der letzteren untereinander gleichwertig, so überträgt man diese Bezeichnung auf die Symmetrieachsen. Der Krystall des Zinnsteins besitzt also zwei Paar unter sich gleichwertiger Symmetrieachsen, die ihrerseits wieder in eine gemeinsame Ebene, nämlich in die horizontale Symmetrieebene fallen. Eine Ebene, in der mindestens zwei gleichwertige Symmetrieachsen gelegen sind, heißt Hauptsymmetrieebene, die zu ihr senkrechte Symmetrieachse Hauptachse.

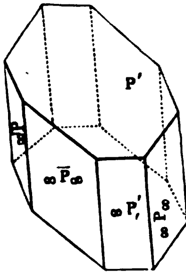
Die soeben erwähnte Verknüpfung von Symmetrieebene und Symmetrieachse findet sich durchaus nicht immer. Vielmehr giebt es Krystalle, die eine oder mehrere Symmetrieachsen, aber keine Symmetrieebene besitzen, oder bei denen, was häufiger der Fall ist, zwar beide Symmetrieelemente vorhanden sind, die Symmetrieachsen jedoch nicht senkrecht auf je einer Symmetrieebene stehen. Beispiele der ersteren Art werden wir später kennen lernen (so z. B. Nr. 4, 5, 25 der späteren Aufzählung, S. 613 ff. u. 642); als Beispiel für den letzteren Fall möge zunächst die Krystallform des Struvits (Fig. 123, S. 110) dienen. Diese besitzt offenbar zwei zu einander senkrechte Symmetrieebenen und eine Symmetrieachse, die durch die Mitte der oberen Kante und den Schwerpunkt der unteren Begrenzungsfläche ($0P$) geht. Diese Achse steht jedoch nicht senkrecht auf einer der Symmetrieebenen, sondern bildet die Durchschnittslinie beider. Sehr selten ist endlich der Fall, daß ein Krystall eine Symmetrieebene besitzt, ohne daß gleichzeitig Symmetrieachsen vorhanden sind (s. Nr. 30, S. 644). Er ist nur möglich, wenn die Zahl der Symmetrieebenen auf eine beschränkt bleibt.

Endlich können symmetrisch angeordnete Begrenzungselemente der Krystalle durch die Drehspiegelung zur Deckung gebracht werden. Die umstehende Fig. 328, welche die Krystallform des Kupfervitriols darstellt, mag zur Veranschaulichung dieses Begriffes dienen. Denkt man sich den Krystall um eine Achse, die auf einer der Krystallflächen (z. B. $\infty P'$) senkrecht steht, um 180° gedreht, so kommt er mit einem zweiten, der seine ursprüngliche Lage beibehält,

[1]) Wegen des Beweises muß indes auf ausführliche Lehrbücher der Krystallographie verwiesen werden (z. B. P. Groth, Physikalische Krystallographie. Dritte Auflage. Leipzig 1895).

offenbar nicht zur Deckung. Denkt man sich aber parallel zu der angenommenen Fläche in der Mitte des Abstandes zwischen ihr und der ihr parallel gerichteten Begrenzungsfläche eine als doppelter Spiegel wirkende Symmetrieebene durch den Krystall gelegt, so deckt sich dieser in seiner neuen Lage mit den Spiegelbildern der beiden Teile des in seiner ursprünglichen Lage verharrenden Krystalls, oder umgekehrt: die Spiegelbilder, die von den Teilstücken des Krystalls in seiner neuen Lage hervorgerufen werden, decken sich mit dem in unveränderter Lage verharrend gedachten Krystall. Dasselbe würde sich ergeben, wenn die Drehungsachse senkrecht auf einer anderen Krystallfläche errichtet worden wäre.

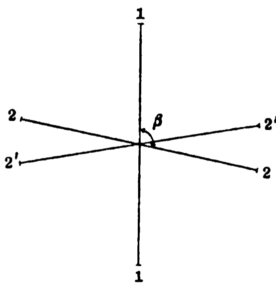
Fig. 328.



Man nennt eine derartige Symmetrieebene, die erst in Verbindung mit einer Drehung eine Deckung der von ihr erzeugten Krystallteilstücke bewirkt, Ebene der zusammengesetzten Symmetrie, und entsprechend bezeichnet man eine Symmetrieachse, um die eine Drehung erst in Verbindung mit der Spiegelung in einer Symmetrieebene die Deckung hervorruft, als Achse der zusammengesetzten Symmetrie. Die Drehspiegelung erweist sich nur mit einer zwei-, vier-, oder sechszähligen Achse als ausführbar; bei einer dreizähligen Achse gelangt man erst nach einer Umdrehung um 2.360° zur ursprünglichen Stellung zurück und erhält alsdann dieselbe Form wie bei Anwendung einer sechszähligen Achse.

Versucht man nun diese verschiedenen Symmetrieelemente (Ebenen und Achsen der einfachen und der zusammengesetzten Symmetrie) in jeder denkbaren Weise zu kombinieren, so zeigt sich, daß die Zahl der möglichen Kombinationen 31 beträgt. Die Zahl ist deshalb nicht größer, weil, wie die eingehendere Untersuchung ergiebt, zwei oder mehr Symmetrieelemente nur in ganz bestimmter Weise miteinander kombiniert werden können. Im einzelnen kann dies hier nicht nachgewiesen werden; eine vollständige Ableitung findet sich z. B. in dem oben zitierten Werke von P. Groth. Hier möge nur auf einen Fall hingewiesen werden. Ist in der Fig. 329 die Linie 11 eine zweizählige Symmetrieachse, so ist, wenn in ihrer Ebene nur noch eine zweizählige Symmetrieachse vorhanden sein soll, dies nur möglich, wenn die beiden Achsen einen rechten Winkel einschließen. Denn bildet diese zweite Achse 22 mit der ersten einen schiefen Winkel β, so gelangt sie bei einer Drehung um 11 um 180° in die Lage $2'2'$, und die Gerade $2'2'$ müßte dann ebenfalls eine zweizählige Achse sein. Sei ferner in Fig. 330 ABC eine Krystallfläche, welche die beiden (hier perspektivisch gezeichneten) zu einander senkrecht stehenden zweizähligen Achsen ZZ' und YY' in den Punkten C und B schneidet, so läßt sich zeigen, daß die rechtwinklig im Schnittpunkt O zur YZ-Ebene stehende Achse XX' ebenfalls eine zweizählige Symmetrieachse ist. Denn eine Drehung um 180° um die Achse ZZ' bringt die Fläche ABC in die Lage $A'B'C$,

Fig. 329.



und eine gleich große Drehung um die Achse YY' bringt die Fläche ABC in die Lage $A'BC'$, die Fläche $A'B'C$ in die Lage $AB'C'$, so daß die beiden zweizähligen Achsen die Existenz der vier Flächen ABC, $A'B'C$, $A'BC'$ und $AB'C'$ erfordern. Diese vier Flächen besitzen aber noch als dritte zweizählige Achse die Achse XX'; denn bei einer Drehung um 180° um diese gelangt die Fläche

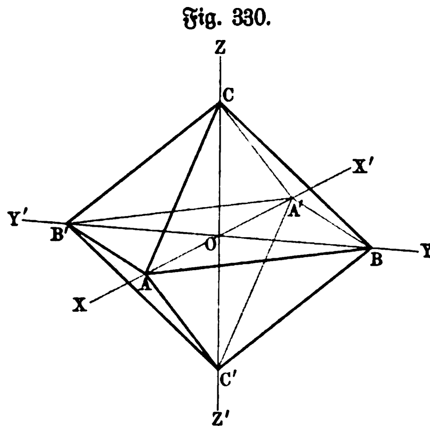


Fig. 330.

ABC	in die Lage	$AB'C'$
$A'B'C$	„ „ „	$A'BC'$
$A'BC'$	„ „ „	$A'B'C$
$AB'C'$	„ „ „	ABC

d. h. jede der Flächen kommt mit einer bereits vorhandenen zur Deckung. Krystalle mit zwei zweizähligen Symmetrieachsen sind also nicht möglich. — Berücksichtigt man endlich die geringe Anzahl von Krystallen, die keines der genannten Symmetrieelemente besitzen, so erhält man im ganzen 32 Klassen von Krystallen, die gleichzeitig die sog. hemimorphen Krystalle (S. 36) mit umfassen. Sie lassen sich in übersichtlicher Weise ordnen, wenn man für jede von ihnen das zur Bestimmung der Lage der einzelnen Flächen notwendige Achsenkreuz so wählt, daß gleichwertige Flächen auf den Achsen gleich lange Parameter (S. 8) abschneiden. Die Gesamtheit der gleichwertigen Flächen, die das nämliche Parameterverhältnis besitzen, wird als einfache Form bezeichnet, und die Klassen erscheinen dann als Untergruppen der früher (S. 12) aufgezählten sechs Krystallsysteme, wobei zu bemerken ist, daß neuerdings vielfach diejenigen Krystalle, die eine dreizählige Symmetrieachse besitzen, in ein besonderes siebentes System, das trigonale, zusammengefaßt werden. Da dieses jedoch nicht scharf von dem hexagonalen getrennt werden kann, so soll es im Folgenden nicht besonders unterschieden werden.

In jedem dieser Systeme kann man nun eine Gruppe von Formen, die sämtliche für das System charakteristische Symmetrieelemente enthalten, von solchen unterscheiden, bei denen nur ein Teil von ihnen vorhanden ist. Die letzteren lassen sich aus den ersteren durch die Annahme herleiten, daß von den Begrenzungsflächen der einfachen Formen nur ein bestimmter Bruchteil ($\frac{1}{2}$, $\frac{1}{4}$ oder $\frac{1}{8}$) zur Ausbildung gelangt. Man stellt daher die zur ersten Gruppe gehörenden Formen als Holoeder (Vollflächner) denen der letzteren Gruppen gegenüber, die man Hemieder (Halbflächner), Tetartoeder (Viertelflächner) oder Ogdoeder (Achtelflächner) nennt. Berücksichtigt man nur die Symmetrieelemente der Vollflächner, so kann man die Krystallsysteme in folgender Weise einteilen:

A. Es sind drei zu einander senkrechte Hauptsymmetrieebenen vorhanden.

1. Reguläres System. Der Raum zwischen je zwei Hauptsymmetrieebenen ist durch eine den Winkel zwischen beiden halbierende, auf der dritten

senkrecht stehende gewöhnliche Symmetrieebene geteilt, so daß im ganzen sechs gewöhnliche Symmetrieebenen vorhanden sind, die gegeneinander unter einem Winkel von 120° geneigt sind. Die Krystalle besitzen ferner drei vierzählige Hauptachsen, sechs zweizählige (sog. rhombische) Achsen und vier dreizählige (sog. trigonale) Achsen.

B. Es ist nur eine Hauptsymmetrieebene vorhanden.

2. Hexagonales System. Die Krystalle besitzen außer der Hauptsymmetrieebene 3 + 3 auf ihr senkrecht stehende gewöhnliche Symmetrieebenen, von denen je drei zusammengehörige einen Winkel von 60° einschließen, während sie mit den drei anderen Winkel von 30° bilden. Die Hauptachse ist sechszählig; senkrecht zu ihr und gleichzeitig zu je einer der gewöhnlichen Symmetrieebenen stehen sechs zweizählige Achsen. Man unterscheidet die drei, welche zu der einen Gruppe von gewöhnlichen Symmetrieebenen gehören, als Nebenachsen, von den drei zu der anderen Gruppe gehörenden, den Zwischenachsen.

3. Tetragonales System. Die Krystalle besitzen außer der Hauptsymmetrieebene 2 + 2 auf ihr senkrecht stehende gewöhnliche Symmetrieebenen, von denen je zwei zusammengehörige sich rechtwinklig schneiden, während sie mit denen der anderen Art Winkel von 45° bilden. Die Hauptachse ist vierzählig. Auf ihr und zugleich auf je einer der gewöhnlichen Symmetricebenen stehen vier zweizählige Achsen senkrecht. Man unterscheidet auch hier wie im hexagonalen System die beiden zweizähligen Achsen, die zu der einen Gruppe gewöhnlicher Symmetrieebenen gehören, als Nebenachsen von den beiden anderen, den Zwischenachsen.

C. Es ist keine Hauptsymmetrieebene vorhanden.

4. Rhombisches System. Die Krystalle besitzen drei zu einander senkrecht stehende ungleichwertige Symmetrieebenen und drei zweizählige Symmetrieachsen, von denen jede auf je einer der drei Ebenen senkrecht steht.

5. Monosymmetrisches (monoklines) System. Die Krystalle besitzen nur eine Symmetrieebene und senkrecht dazu eine zweizählige Symmetrieachse.

6. Asymmetrisches (triklines) System. Die Krystalle besitzen weder eine einfache Symmetrieebene, noch eine einfache Symmetrieachse, sondern nur eine Ebene und zweizählige Achse der zusammengesetzten Symmetrie.

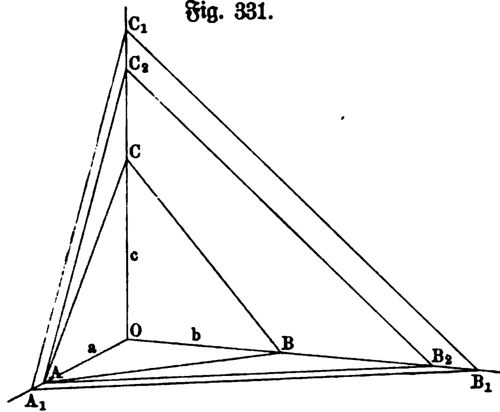
In der folgenden Übersicht über die in die einzelnen Krystallsysteme gehörenden einfachen Formen soll außer den Weißschen Flächenzeichen und den daraus sich ergebenden Naumannschen Symbolen, die bereits bei der Beschreibung der Krystallformen angewandt wurden, auch die Millersche Bezeichnungsweise mitgeteilt werden, da in voraussichtlich nicht zu ferner Zeit gerade diese ausschließlich angewandt werden dürfte. Der Weißschen wie der Millerschen Bezeichnungsweise liegt das Grundgesetz der Krystallographie zu Grunde, das sogenannte Gesetz der Rationalität der Parameter, welches folgende Erfahrungsthatsache zum Ausdruck bringt. Ist ABC (Fig. 331) eine einen Krystall begrenzende Fläche, deren Lage durch das Verhältnis der drei Parameter $a:b:c$ gegeben ist, und ist $A_1 B_1 C_1$ eine zweite Fläche desselben Krystalls, so kann man diese letztere parallel mit sich derart verschieben, daß

einer der Punkte A_1, B_1 oder C_1 mit A, B oder C zusammenfällt. Ist dies z. B. der Punkt A, so sind die Parameter der zweiten Fläche durch die Strecken OA, OB_2 und OC_2 gegeben. Das Gesetz besagt nun, daß OB_2 und OC_2 stets **rationale Vielfache** von b resp. c sind, sodaß man also

$$OB_2 = mb \text{ und } OC_2 = nc$$

setzen kann, wo m und n rationale Zahlen sind. Das Parameterverhältnis der zweiten Fläche ist demnach $a:mb:nc$. Die Lage einer jeden Krystallfläche läßt sich mithin dadurch angeben, daß man ihre Parameter als rationale Vielfache der Parameter ausdrückt, die die Lage der Flächen einer zu diesem Zweck ausgewählten Form, der sog. **Grundform**, bestimmen. Ihre Flächen haben das Parameterverhältnis $a:b:c$, für die Gesamtheit dieser Flächen hat **Naumann** ein abgekürztes Zeichen oder Symbol, z. B. P, eingeführt. Dementsprechend wird die Gesamtheit der Flächen vom Parameterverhältnis $a:mb:nc$ durch das Symbol mPn bezeichnet.

Fig. 331.



Dividiert man die Koeffizienten des **Weißschen** Flächenzeichens durch eine rationale Zahl, z. B. h, so erhält man:

$$\frac{a}{h} : \frac{m}{h} b : \frac{n}{h} c = \frac{a}{h} : \frac{b}{\frac{h}{m}} : \frac{c}{\frac{h}{n}};$$

da sowohl die Zähler als die Nenner der Brüche $\frac{h}{m}$ und $\frac{h}{n}$ rationale Zahlen sind, so kann man ihre Werte durch die rationalen Zahlen k und l ausdrücken, und man erhält dann den Ausdruck

$$\frac{a}{h} : \frac{b}{k} : \frac{c}{l}.$$

Diese Zahlen h, k, l, die als **Indices** bezeichnet werden, bestimmen offenbar ebenso gut die Lage einer Krystallfläche, wie die Parameter; sie werden daher von **Miller** zur Bezeichnung sowohl der Krystallformen, d. h. der Gesamtheit aller Flächen, denen dieselben Indices zukommen, als auch zur Bezeichnung der einzelnen Krystallflächen verwendet. Im ersteren Falle werden die Indices in geschweifte Klammern gesetzt, sodaß also $\{111\}$ die Grundform, $\{hkl\}$ die abgeleitete Form bezeichnet. Sollen die Indices zur Bezeichnung der einzelnen Flächen dienen, so setzt man sie in runde Klammern, z. B. (111) oder (hkl). Die **Millersche** Bezeichnungsweise gewährt unter anderem den Vorteil, daß man durch Minuszeichen, die man über die Indices setzt, angeben kann, in welchem Oktanten die Fläche gelegen ist. Da nämlich die Indices im

Oktanten rechts, oben, vorn als positiv angenommen werden, so liegen, wenn die Grundform aus acht Flächen gebildet wird, die Flächen

$$\begin{matrix} (111) & (1\bar{1}1) & (1\bar{1}\bar{1}) & (11\bar{1}) & (\bar{1}1\bar{1}) & (\bar{1}\bar{1}\bar{1}) & (\bar{1}\bar{1}1) & (\bar{1}11) \\ \text{r, o, v.} & \text{l, o, v.} & \text{l, u, v.} & \text{r, u, v.} & \text{r, u, h.} & \text{l, u, h.} & \text{l, o, h.} & \text{r, o, h,} \end{matrix}$$

wenn r und l rechts und links, o und u oben und unten, v und h vorn und hinten bezeichnen.

Der Übergang von der Millerschen Bezeichnung zur Naumannschen ist sehr einfach. Ist z. B. die rhombische Form {316} gegeben, so würden die Indices dem Achsenverhältnis

$$\frac{a}{3} : \frac{b}{1} : \frac{c}{6}$$

entsprechen. Durch Multiplikation mit 6 geht dasselbe über in $2a:6b:c = a : 3b : \frac{1}{2}c$. In der Naumannschen Bezeichnung würde dies durch $\frac{1}{2}\bar{P}3$ ausgedrückt sein, welches Symbol einer Makropyramide (S. 30) zugehört. Haben die Flächen der Grundpyramide, von der sich diese Makropyramide ableitet, das Parameterverhältnis 0,6644 : 1 : 1,3653, so ist das Parameterverhältnis der letzteren

$$0{,}6644 : 3 : \frac{1}{2} \cdot 1{,}3653,$$

was natürlich gleichbedeutend sein muß mit

$$\frac{0{,}6644}{3} : \frac{1}{1} : \frac{1{,}3653}{6}\,[1]).$$

I. Reguläres System.

1. Holoedrie (Hexakisoktaedrische Klasse). Über die Symmetrieelemente vergl. S. 607. Hierher gehören die S. 14 bis 18 beschriebenen sieben Vollflächner des regulären Systems (s. die Zusammenstellung S. 18).

Oktaeder	$a : a : a$	O	{111}
Rhombendodekaeder	$a : a : \infty a$	∞O	{110}
Hexaeder	$a : \infty a : \infty a$	$\infty O \infty$	{100}
Triakisoktaeder	$a : a : ma$	mO	$\{llh\}$ $l > h$
Ikositetraeder	$a : ma : ma$	mOm	$\{hhl\}$ $l > h$
Tetrakishexaeder	$a : na : \infty a$	∞On	$\{hko\}$
Hexakisoktaeder	$a : na : ma$	mOn	$\{hkl\}$

[1]) Die Millersche Bezeichnung ist beim hexagonalen System nicht angewendet, weil Miller die Formen dieses Systems (wenigstens teilweise) auf drei gleich lange, einander unter gleichen Winkeln schneidende Achsen bezieht. Die dort benutzte, ebenfalls auf der Anwendung der Indices beruhende Bezeichnungsweise ist von Bravais eingeführt worden.

Beispiele für die Umwandlung der Naumannschen Symbole in die Millerschen und umgekehrt:

$3O$	$= \{331\}$	$\{443\} =$	$\frac{4}{3}O$
$\frac{3}{2}O\frac{3}{2}$	$= \{322\}$	$\{311\} =$	$3O3$
$\infty O2$	$= \{210\}$	$\{310\} =$	$\infty O3$
$3O\frac{3}{2}$	$= \{321\}$	$\{531\} =$	$5O\frac{5}{3}$.

Mineralien, die diese Formen zeigen, sind: Kupfer (S. 71), Silber (S. 72), Bleiglanz (S. 81), Silberglanz (S. 82), Fluorit (S. 97), Spinell (S. 89), Magneteisenstein (S. 86), Granat (S. 125), Leucit (S. 117), Analcim (S. 114).

2. Tetraedrische oder geneigtflächige Hemiedrie (Hexakistetraedrische Klasse). Nur die in abwechselnden Oktanten gelegenen Flächengruppen kommen zur Entwicklung [1]). Dabei erfahren alle diejenigen Formen, in deren Parameterverhältnis das Zeichen ∞ vorkommt (oder bei denen ein Index gleich Null ist) keine Gestaltsveränderung. Die Formen sind S. 19 und 20 bereits beschrieben, die Figuren 332 bis 334 zeigen die Entstehung der Halbflächner aus den entsprechenden Vollflächnern.

Fig. 332.

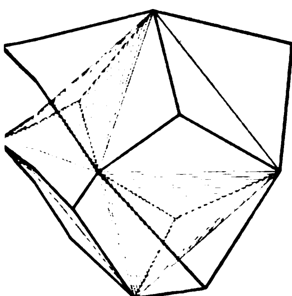


Fig. 333.

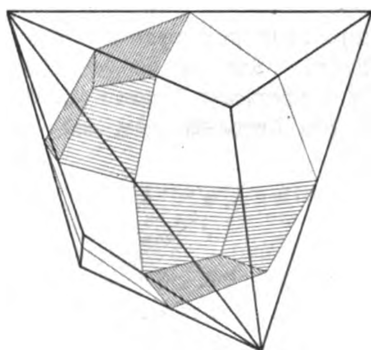
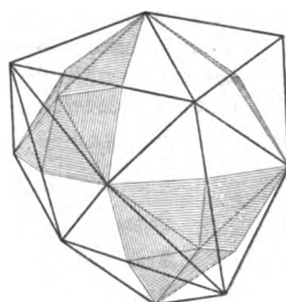


Fig. 334.



Tetraeder (Fig 12, S. 9).	$a : a : a$	$+\frac{O}{2}$	$\varkappa\{111\}$ [2])
		$-\frac{O}{2}$	$\varkappa\{1\bar{1}1\}$
Rhombendodekaeder	$a : a : \infty a$	∞O	$\varkappa\{110\}$
Hexaeder	$a : \infty a : \infty a$	$\infty O \infty$	$\varkappa\{100\}$

[1]) Die Gesetze der Hemiedrie sind im Anschluß an den flächenreichsten Vollflächner aufgestellt. Die einfacheren Formen hat man sich, wenn man die Gesetze auf diese anwenden will, in gesetzmäßiger Weise so zerlegt zu denken, daß in entsprechenden durch die Achsenebenen gebildeten Teilen des Raumes gleich viel Flächenstücke liegen.

[2]) Der Buchstabe $\varkappa$ ist der Anfangsbuchstabe von κλῖνος (klīnŏs), geneigt.

Deltoiddodekaeder Fig 332.	$a : a : ma$	$+\frac{mO}{2}$	$\varkappa\{llh\}$
		$-\frac{mO}{2}$	$\varkappa\{l\bar{l}h\}$
Pyramidentetraeder (Triakistetraeder) Fig. 333.	$a : ma : ma$	$+\frac{mOm}{2}$	$\varkappa\{hhl\}$
		$-\frac{mOm}{2}$	$\varkappa\{h\bar{h}l\}$
Tetrakishexaeder	$a : na : \infty a$	∞On	$\varkappa\{hko\}$
Hexakistetraeder Fig. 334.	$a : na : ma$	$+\frac{mOn}{2}$	$\varkappa\{hkl\}$
		$-\frac{mOn}{2}$	$\varkappa\{h\bar{k}l\}$

Die Krystalle besitzen drei aufeinander senkrechte zweizählige Symmetrieachsen (die Koordinatenachsen), sechs unter Winkeln von 120° einander schneidende Symmetrieebenen und vier dreizählige (trigonale) Symmetrieachsen.

Mineralien, die diese Formen zeigen, sind: Zinkblende (S. 83), Fahlerz (S. 83), Boracit (S. 96).

3. **Parallelflächige oder pentagonale (dodekaedrische) Hemiedrie** (Dyakisdodekaedrische Klasse). Nur die an den abwechselnden gebrochenen Oktaederkanten gelegenen Flächenpaare kommen zur Entwicklung. Bei dieser Hemiedrie erfahren nur das Tetrakishexaeder und das Hexakisoktaeder eine Gestaltsveränderung.

Oktaeder	$a : a : a$	O	$\pi\{111\}$[1]
Rhombendodekaeder	$a : a : \infty a$	∞O	$\pi\{110\}$
Hexaeder	$a : \infty a : \infty a$	$\infty O \infty$	$\pi\{100\}$
Triakisoktaeder	$a : a : ma$	mO	$\pi\{llh\}$
Ikositetraeder	$a : ma : ma$	mOm	$\pi\{hhl\}$
Pentagondodekaeder Fig. 335 u. 36a auf S. 21.	$a : na : \infty a$	$+\left[\frac{\infty On}{2}\right]$	$\pi\{hko\}$
		$-\left[\frac{\infty On}{2}\right]$	$\pi\{hok\}$
Dyakisdodekaeder (Diploeder) Fig. 336, 337, 338.	$a : na : ma$	$+\left[\frac{mOn}{2}\right]$	$\pi\{hkl\}$
		$-\left[\frac{mOn}{2}\right]$	$\pi\{hlk\}$

Die Krystalle haben, wie die Vollflächner, drei zu einander senkrechte Hauptsymmetrieebenen, die dazu gehörenden Hauptachsen sind jedoch nur zwei-

[1]) Der Buchstabe π bedeutet parallelflächig.

zählig. Außerdem sind vier dreizählige (trigonale) Symmetrieachsen vorhanden (s. S. 21).

Fig. 335.

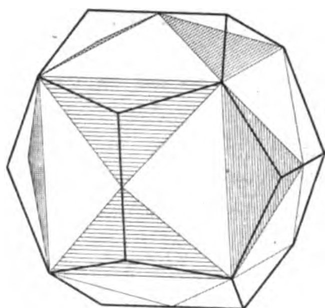


Fig. 336.

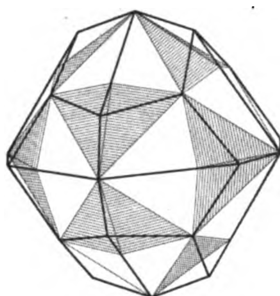


Fig. 337.

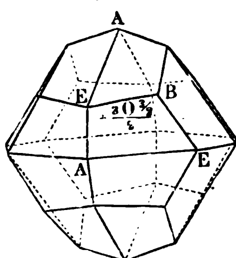
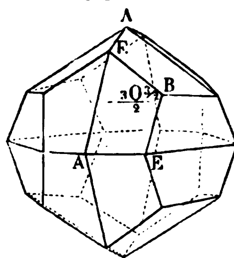


Fig. 338.



Mineralien, die diese Formen zeigen, sind: Pyrit (S. 79), Glanzkobalt (S. 80).

4. Plagiedrische oder gyroedrische Hemiedrie (Pentagonikositetraedrische Klasse). Von den in den einzelnen Oktanten gelegenen Flächengruppen kommen nur die abwechselnden Flächen (oder Flächenstücke) zur Entwicklung. Nur das Hexakisoktaeder erfährt eine Gestaltsveränderung. Aus ihm entsteht das Pentagonikositetraeder oder Gyroeder (Fig. 339 bis 342, a. f. S).

Oktaeder	$a : a : a$	O	$\gamma\{111\}$
Rhombendodekaeder	$a : a : \infty a$	∞O	$\gamma\{110\}$
Hexaeder	$a : \infty a : \infty a$	$\infty O \infty$	$\gamma\{100\}$
Triakisoktaeder	$a : a : ma$	mO	$\gamma\{llh\}$
Ikositetraeder	$a : ma : ma$	mOm	$\gamma\{hhl\}$
Tetrakishexaeder	$a : na : \infty a$	∞On	$\gamma\{hko\}$
Pentagonikositetraeder oder Gyroeder	$a : na : ma$	$\frac{mOn}{2} r$	$\gamma\{hkl\}$
		$\frac{mOn}{2} l$	$\gamma\{lkh\}$

Die Krystalle besitzen keine Symmetrieebene, dagegen drei aufeinander senkrechte vierzählige, zwischen diesen sechs zweizählige und endlich vier drei=

zählige Symmetrieachsen. Anzahl und Zähligkeit der Achsen ist mithin dieselbe wie bei den Vollflächnern. Die beiden aus demselben Vollflächner entstehenden Halbflächner lassen sich nicht zur Deckung bringen, sind also nicht kongruent,

Fig. 339.

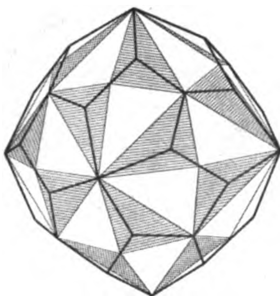


Fig. 340.

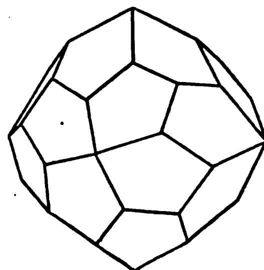


Fig. 341.

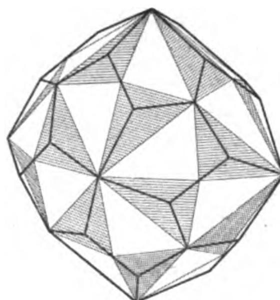
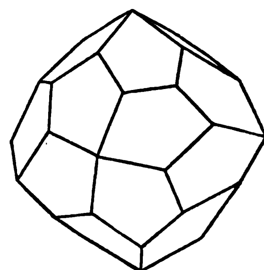


Fig. 342.



sondern nur spiegelbildlich gleich. Man nennt solche Formen enantiomorph (entgegengesetzt gestaltet) und unterscheidet eine rechte, Fig. 339 und 340, und eine linke, Fig. 341 und 342. Die Enantiomorphie ist eine Eigenschaft aller Krystallformen, die keine Ebene weder der einfachen noch der zusammengesetzten Symmetrie besitzen.

Mineralien, die diese Formen zeigen, sind: Salmiak (S. 95), Sylvin (S. 96), wahrscheinlich auch Steinsalz (S. 95) und Hornsilber (S. 98).

5. Tetartoedrie (Tetraedrisch-pentagondodekaedrische Klasse). Tetartoedrische Formen entstehen, wenn auf denselben Vollflächner nacheinander zwei verschiedene Gesetze der Hemiedrie angewendet und die alsdann noch bleibenden Flächen bis zum Durchschnitt verlängert werden. Von einem Hexakisoktaeder bleiben dabei immer dieselben 12 Flächen übrig, welche beiden Gesetze der Hemiedrie man auch miteinander kombinieren mag. Bezeichnet man die im positiven Oktanten (r, o, v) gelegenen Flächen des Hexakisoktaeders (Fig. 343) mit 1 bis 6, wobei man, von dem Endpunkt der X-Achse ausgehend, sich zum Endpunkt der Y-Achse und von dort zum Endpunkt der Z-Achse begiebt, und verfährt in den übrigen nach vorn gelegenen Oktanten ebenso, wobei man die im Oktanten links oben gelegenen Flächen mit 1′ bis 6′, die im Oktanten links unten vorn mit I′ bis VI′, endlich die im Ok-

tanten rechts unten liegenden mit I bis VI bezeichnet, so kommen nach Anwendung des Gesetzes der geneigtflächigen Hemiedrie die Flächen:

1, 2, 3, 4, 5, 6 und I′, II′, III′, IV′, V′, VI′;

nach Anwendung des Gesetzes der parallelflächigen Hemiedrie die Flächen

2, 4, 6, 2′, 4′, 6′; II′, IV′, VI′, II, IV, VI;

nach Anwendung des Gesetzes der plagiedrischen Hemiedrie endlich die Flächen

2, 4, 6, 1′, 3′, 5′; II′, IV′, VI′, I, III, V

zur Entwicklung. Berücksichtigt man, daß bei Anwendung je zweier Arten der Hemiedrie nur diejenigen Flächen übrig bleiben, die weder bei der einen, noch bei der anderen Hemiedrie verschwinden, so erkennt man, daß dies stets die mit 2, 4 und 6 sowie II′, IV′ und VI′ bezeichneten Flächen sind, man mag die geneigtflächige Hemiedrie mit der parallelflächigen oder mit der plagiedrischen oder endlich diese letzteren beiden unter sich kombinieren. Es giebt mithin im regulären System nur eine Art von Tetartoedrie, und die durch sie entstehende neue Form ist das tetraedrische Pentagondodekaeder. Man leitet es am bequemsten von Hexakistetraeder ab, indem man in diesem die abwechselnden Flächen verschwinden läßt. Läßt man dabei die oben rechts neben der vertikalen Hauptachse gelegene Fläche wachsen, so heißt das Tetartoeder das rechte (Fig 344 und 345); im anderen Falle (Fig. 346) wird es das linke genannt. Beide Formen sind nicht kongruent (lassen sich also nicht zur Deckung bringen), sondern nur spiegelbildlich gleich (enantiomorph).

Fig. 343.

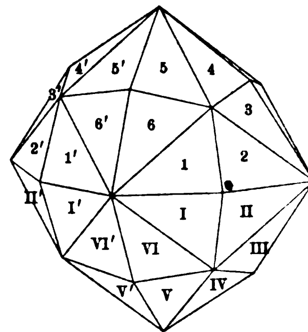


Fig. 344.

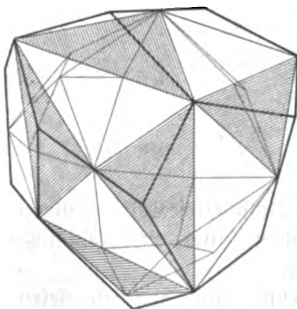


Fig. 345.

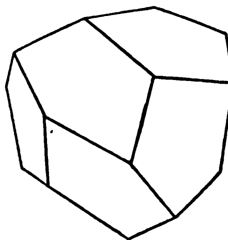
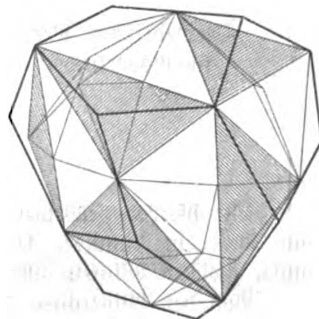


Fig. 346.



Da endlich von einem Hexakisoktaeder zwei Hexakistetraeder, das positive und das negative, abgeleitet werden können, so gehören zu jedem Hexakisoktaeder vier tetraedrische Pentagondodekaeder. Das rechte positive und das rechte negative tetraedrische Pentagondodekaeder können durch Drehung um 90° zur Deckung gebracht werden, ebenso die beiden linken Formen.

Die Tetartoeder des Triakisoktaeders und Ikositetraeders stimmen ihrer

Form nach mit dem Deltoiddodekaeder und dem Pyramidentetraeder, das des Oktaeders mit dem Tetraeder, das des Tetrakishexaeders endlich mit dem Pentagondodekaeder überein; Rhombendodekaeder und Hexaeder erfahren keine Gestaltsveränderung.

Tetraeder	$a : a : a$	$+\frac{O}{2}$	$\varkappa\pi\{111\}$
		$-\frac{O}{2}$	$\varkappa\pi\{1\bar{1}1\}$
Rhombendodekaeder	$a : a : \infty a$	∞O	$\varkappa\pi\{110\}$
Hexaeder	$a : \infty a : \infty a$	$\infty O \infty$	$\varkappa\pi\{100\}$
Deltoiddodekaeder	$a : a : ma$	$+\frac{mO}{2}$	$\varkappa\pi\{llh\}$
		$-\frac{mO}{2}$	$\varkappa\pi\{l\bar{l}h\}$
Pyramidentetraeder	$a : ma : ma$	$+\frac{mOm}{2}$	$\varkappa\pi\{hhl\}$
		$-\frac{mOm}{2}$	$\varkappa\pi\{h\bar{h}l\}$
Pentagondodekaeder	$a : na : \infty a$	$+\left[\frac{\infty On}{2}\right]$	$\varkappa\pi\{hko\}$
		$-\left[\frac{\infty On}{2}\right]$	$\varkappa\pi\{hok\}$
Tetraedrisches Pentagondodekaeder	$a : na : ma$	$+\frac{mOn}{4}r$	$\varkappa\pi\{hkl\}$
		$+\frac{mOn}{4}l$	$\varkappa\pi\{lkh\}$
		$-\frac{mOn}{4}r$	$\varkappa\pi\{l\bar{k}h\}$
		$-\frac{mOn}{4}r$	$\varkappa\pi\{h\bar{k}l\}$

Die hierher gehörigen Formen besitzen keine Symmetrieebene, sondern nur drei zu einander senkrecht stehende Hauptachsen und vier einander unter gleichen Winkeln schneidende dreizählige Achsen.

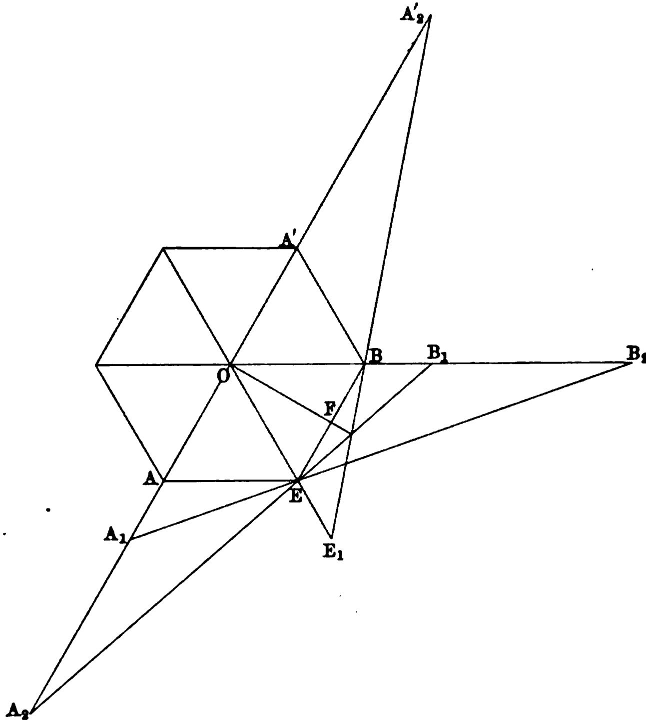
Von den Mineralien kristallisiert in diesen Formen nur das sehr selten vorkommende Barymnitrat.

II. Hexagonales System.

Wählt man als Koordinatenachsen außer der in O zur Ebene der Zeichnung (Fig. 347) senkrecht stehenden Hauptachse OC zwei der horizontalen, einander unter 60° schneidenden zweizähligen Nebenachsen, z. B. OE und OB,

so sind die Parameter einer Krystallfläche B_1EC auf den beiden horizontalen Achsen gleich OE und OB_1. Die Zweizähligkeit der Achse OE erfordert nun, daß außer der Fläche B_1EC noch die Fläche A_1EC', wenn C und C' die Endpunkte der beiden auf der Hauptachse liegenden Parameter bezeichnen, am Krystall vorhanden ist, denn sonst würde eine um OE ausgeführte Drehung um 180° keine Deckung herbeiführen. Die Parameter dieser Fläche auf den beiden horizontalen Achsen wären dann aber OE und OB_2. Da OB_1 und OB_2 verschieden groß sind, so würde also die Lage der durch die Symmetrieverhältnisse geforderten Flächen nicht durch dasselbe Parameterverhältnis ausgedrückt sein. Um diesen Übelstand zu vermeiden,

Fig. 347.



bezieht man die Lage einer jeden Fläche auf drei einander unter 60° schneidende Horizontalachsen (außerdem, wie selbstverständlich, auf die Vertikalachse). Das Parameterverhältnis der Fläche EB_1C ist mithin:

$$OE : OB_1 : OA_2 : OC,$$

das der Fläche A_1EC':

$$OE : OB_2 : OA_1 : OC'.$$

Da aber $OB_1 = OA_1$ und $OB_2 = OA_2$, endlich $OC = OC'$ ist, so ist das Parameterverhältnis beider Flächen durch dieselben Größen ausgedrückt. Wegen des Vorhandenseins der zweizähligen Achse OF, die mit OE und OB

Winkel von je 30° bildet, muß ferner außer der Ebene EB_1C noch die Ebene E_1BC' vorhanden sein. Daraus aber ergiebt sich, daß OB_1 ein rationales Vielfaches von OB sein muß (s. S. 609). Ist also $OB = a$, so ist $OB_1 = na$. — Aus der Ähnlichkeit der Dreiecke EBB_1 und A_2OB_1 folgt endlich

$$BB_1 : BE = OB_1 : OA_2,$$

oder da $BB_1 = (n-1)a$; $BE = a$; $OB_1 = na$ ist:

$$(n-1)a : a = na : OA_2.$$

Folglich ist

$$OA_2 = \frac{n}{n-1}a.$$

Ist der Parameter auf der Hauptachse $OC = mc$, so ist demnach das Parameterverhältnis der Fläche EB_1C

$$a : na : \frac{n}{n-1}a : mc,$$

welches Verhältnis nun für jede Fläche gilt, da $OB_1 = OE_1 = OA_1$ und $OA_2 = OA'_2 = OB_2$ ist. Der kleinste Wert, den n annehmen kann, ist 1. Dann wird $\frac{n}{n-1} = \infty$, und demnach ist das für die Pyramiden der 1. Art (erster Ordnung, S. 26) geltende Parameterverhältnis

$$a : a : \infty a : mc.$$

Wird hierin $m = 1$ gesetzt, so erhält man das Parameterverhältnis der Grundform, für welche Naumann das Symbol P eingeführt hat.

In dem Maße wie OB_1 wächst, wird OA_2 kleiner, sodaß beide einmal denselben Wert erreichen müssen. Dies tritt ein, wenn

$$na = \frac{n}{n-1}a$$

d. h., wenn $n = 2$ ist. In diesem Falle geht das Parameterverhältnis über in

$$a : 2a : 2a : mc,$$

welches für die Pyramiden der 2. Art (Deuteropyramiden) gilt. Der Wert von n kann demnach nur zwischen 1 und 2 liegen.

Das Parameterverhältnis der Fläche A_1EB_2C ist gegeben durch

$$OA_1 : OB_2 : OE : OC = na : \frac{n}{n-1}a : a : mc.$$

Dividiert man die einzelnen Glieder durch n, so erhält man

$$a : \frac{a}{n-1} : \frac{a}{n} : \frac{c}{\frac{n}{m}}.$$

Eine nochmalige Division durch die rationale Zahl h ergiebt

$$\frac{a}{h} : \frac{a}{(n-1)h} : \frac{a}{nh} : \frac{c}{\frac{nh}{m}},$$

wofür man schreiben kann

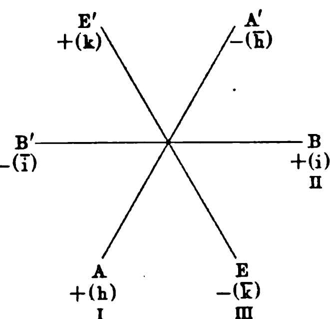
$$\frac{a}{h} : \frac{a}{i} : \frac{a}{k} : \frac{c}{l},$$

wenn man $(n-1)\,h = i$, $nh = k$ und $\frac{nh}{m} = l$ setzt. h, i, k, l sind also die Indices der Fläche A_1EB_2C für die Achsen OA, OB, OE und OC. Da der Wert von n zwischen 1 und 2 liegt, so ist der kleinste Wert von i gleich Null, sein größter gleich h, während der kleinste Wert von k gleich h und der größte gleich $2h$ ist. Demnach ist $i < h < k$.

Eine einfache Beziehung zwischen den Indices der in der Horizontalebene gelegenen Achsen ergiebt sich nun, wenn man die positiven Seiten der Horizontalachsen so wählt, daß sie gleiche Winkel, also Winkel von 120°, einschließen. Dann erhalten die auf den Achsen OA und OB gelegenen Indices gleiches, z. B. positives Vorzeichen, die auf der Achse OE gelegenen dagegen das entgegengesetzte (s. Fig. 348, in der außerdem die auf den betreffenden Achsen liegenden Indices angegeben sind). Da dann der Wert von k mit negativem Vorzeichen einzuführen ist, so ist

$$h + i + \bar{k} = h + (n-1)\,h - nh = 0.$$

Fig. 348.



Dasselbe gilt für drei beliebige andere aufeinander folgende Achsen, wenn man nur die Vorzeichen berücksichtigt. So ist für die Achsen OA', OB' und OE'

$$\bar{h} + \bar{i} + k = -h - (n-1)\,h + nh = 0,$$

sodaß man allgemein setzen kann

$$h + i + k = 0.$$

Sind demnach zwei von den auf die Nebenachsen bezüglichen Indices gegeben, so erhält man mittels dieser Beziehung leicht den dritten. Das vollständige Millersche Zeichen für die Fläche A_1EB_2C ist demnach $(hi\bar{k}l)$, und das Zeichen für die Form, die von der Gesamtheit derartiger Flächen umschlossen wird, ist $\{hikl\}$. Es giebt im ganzen 24 solcher Flächen, von denen 12 oberhalb, 12 unterhalb der Horizontalebene gelegen sind. Wird $h = -k = 1$, so muß $i = 0$ werden, und die Zahl der möglichen Flächen reduziert sich auf 12. Ist auch $l = 1$, so erhält man die Grundform, deren 12 Flächen mithin die folgenden sind:

$$(10\bar{1}1)\ (01\bar{1}1)\ (\bar{1}101)\ (\bar{1}011)\ (0\bar{1}11)\ (1\bar{1}01)$$

und

$$(10\bar{1}\bar{1})\ (01\bar{1}\bar{1})\ (\bar{1}10\bar{1})\ (\bar{1}01\bar{1})\ (0\bar{1}1\bar{1})\ (1\bar{1}0\bar{1})\ (10\bar{1}\bar{1}).$$

Ihr Symbol ist $\{10\bar{1}1\}$.

Wird andererseits $i = h$, so ist $2 + k = 0$, also $k = -2$, und das Zeichen der Fläche ist $(11\bar{2}\,l)$. Sie gehört zu einer Pyramide 2. Art, da, wenn man in $(n-1)\,h = i$ für i den Wert h setzt, $n = 2$ folgt. Ihr Zeichen ist daher $\{11\bar{2}\,l\}$.

6. Holoedrie (Dihexagonal-pyramidale Klasse.) Für die Vollflächner des hexagonalen Systems, über deren Ableitung und Beschreibung S. 25—27 zu vergleichen ist, erhält man mithin folgende Zusammenstellung:

Pyramiden 1. Art	$a : a : \infty a : mc$			mP	$\{ho\bar{h}l\}$
Prismen 1. Art	$a : a : \infty a : \infty c$			∞P	$\{10\bar{1}0\}$
Basis	$a : a : \infty a : oc$			$0P$	$\{0001\}$
Dihexagonale Pyramiden	$a : na : \frac{n}{n-1} a : mc$			mPn	$\{hi\bar{k}l\}$
Dihexagonale Prismen	$a : na : \frac{n}{n-1} a : \infty c$			∞Pn	$\{hi\bar{k}o\}$
Pyramiden 2. Art	$a : 2a : 2a : mc$			$mP2$	$\{11\bar{2}l\}$
Prismen 2. Art	$a : 2a : 2a : \infty c$			$\infty P2$	$\{11\bar{2}o\}$

Hexagonal holoedrisch krystallisieren nur wenige Substanzen, von den Mineralien namentlich der Beryll (S. 128).

7. Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene (Hexagonal-hemimorphe Klasse). Nur die auf der einen Seite der Hauptsymmetrieebene liegenden Flächen gelangen zur Entwicklung. Die Formen sind sämtlich offen und können mithin nur in Kombination auftreten. Eine Aufzählung ist nicht nötig, da sie sich ohne weiteres aus der soeben mitgeteilten Übersicht über die Holoeder ergeben. Die Formen haben 3 + 3 gewöhnliche Symmetrieebenen, die dieselbe Lage haben wie in der Holoedrie. Die Hauptachse ist ebenfalls sechszählig, aber polar, d. h. ihre beiden Enden werden durch ungleichartige Begrenzungselemente bestimmt.

In diesen Formen krystallisiert der Nephelin (S. 117).

8. Hemiedrie nach drei der gewöhnlichen Symmetrieebenen. Trigonale oder trigonotype Hemiedrie (Ditrigonal-bipyramidale Klasse). Die Flächen, welche in abwechselnden durch drei der gewöhnlichen Symmetrieebenen gebildeten Teilen des Raumes liegen, gelangen allein zur Entwicklung. Bezeichnet man die in den oberen Dodekanten gelegenen Flächen der dihexagonalen Pyramide der Reihe nach mit 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, die in den unteren gelegenen mit 1′, 2′, 3′, 4′, 5′, 6′, 7′, 8′, 9′, 10′, 11′, 12′, sodaß 1 und 1′, 2 und 2′ u. s. w. an einer Mittelkante und die Flächenkomplexe 1, 2, 1′, 2′, ferner 3, 4, 3′, 4′ u. s. w. an dem Endpunkte einer Zwischenachse zusammenstoßen, so kommen bei dieser Hemiedrie nur die Flächen

1, 2 . . 5, 6 . . 9, 10 . .
1′, 2′ . . 5′, 6′ . . 9′, 10′ . .,

oder nur die dazwischen liegenden

. . 3, 4 . . 7, 8 . . 11, 12
. . 3′, 4′ . . 7′, 8′ . . 11′, 12′

zur Entwicklung. Die dihexagonale Doppelpyramide geht mithin in zwei als positiv und als negativ zu unterscheidende ditrigonale Doppelpyramiden über, die von 12 ungleichseitigen Dreiecken begrenzt sind und deren Basis ein Sechseck mit sechs gleich langen Seiten, aber mit nur abwechselnd gleichen Winkeln bildet.

Da keine Substanz bekannt ist, deren Krystalle diese Art der Hemiedrie zeigen, so soll von einer Aufzählung der Formen abgesehen und nur erwähnt werden, daß die hexagonalen Pyramiden 1. Art in **trigonale Pyramiden**, die hexagonalen Prismen 1. Art in **trigonale Prismen** übergehen. Bei jenen ist die Basis, bei diesen ein senkrecht zu einer Kante geführter Schnitt ein gleichseitiges Dreieck. Die hexagonalen Pyramiden und Prismen 2. Art sowie die Basis erfahren keine Gestaltsveränderung.

Die Formen besitzen eine Hauptsymmetrieebene und drei senkrecht zu ihr liegende, sich unter 60° schneidende Nebensymmetrieebenen. Die Hauptachse ist dreizählig, die polar ausgebildeten Nebenachsen sind zweizählig.

9. **Pyramidale Hemiedrie** (Hexagonal-bipyramidale Klasse). Nur die an abwechselnden Mittelkanten zusammenstoßenden Flächenpaare kommen zur Entwicklung. Aus der dihexagonalen Doppelpyramide entstehen zwei hexagonale Doppelpyramiden 3. Art, ebenso aus dem dihexagonalen Prisma zwei hexagonale Prismen 3. Art. In beiden Fällen ist die Basis ein reguläres Sechseck, welches gegen die Basis der hexagonalen Pyramide 1. Art um einen zwischen 0 und 30° gelegenen Winkel gedreht ist. In den beiden Figuren 349 und 350 ist $ABE'A'B'E$ die Basis der hexagonalen Doppelpyramide 1. Art, D_1 bis D_6 sind die Endpunkte der Zwischenachsen in der Basis einer dihexagonalen Doppelpyramide, also AD_1, BD_1, BD_2 u. s. w. deren

Fig. 349.

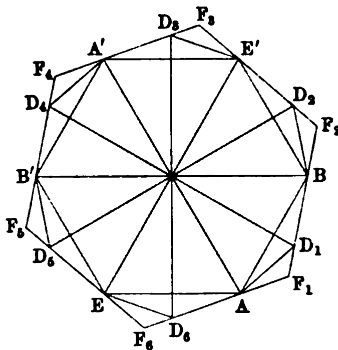
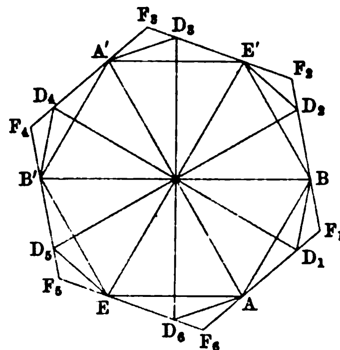


Fig. 350.



Mittelkanten. Dann sind die Sechsecke $F_1 F_2 F_3 F_5 F_6$ die Basis der beiden hexagonalen Doppelpyramiden 3. Art, die aus derselben dihexagonalen Doppelpyramide entstehen. Die Seiten $F_1 F_2$, $F_2 F_3$ u. s. w. sind durch Verlängerung der abwechselnden Seiten des Dihexagons $AD_1 BD_2 E'$ .... entstanden. Die hexagonale Pyramide der 1. und 2. Art, ebenso das hexagonale Prisma der 1. und 2. Art und die Basis erfahren bei dieser Hemiedrie keine Gestaltsveränderung.

Hexag. Pyramiden 1. Art	a :	a :	∞a	: mc	mP	$\pi\{h0\bar{h}l\}$
Hexag. Prismen 1. Art	a :	a :	∞a	: ∞c	∞P	$\pi\{10\bar{1}0\}$
Basis	a :	a :	∞a	: $0c$	$0P$	$\pi\{0001\}$

Hexagonale Pyramide 3. Art	$\left.\right\} a : na : \frac{n}{n-1} a : mc$	$+ \left[\frac{mPn}{2}\right]$	$\pi \{hi\bar{k}l\}$.
		$- \left[\frac{mPn}{2}\right]$	$\pi \{k\bar{i}\bar{h}l\}$
Hexagonales Prisma 3. Art	$\left.\right\} a : na : \frac{n}{n-1} a : \infty c$	$+ \left[\frac{\infty Pn}{2}\right]$	$\pi \{hi\bar{k}o\}$
		$- \left[\frac{\infty Pn}{2}\right]$	$\pi \{k\bar{i}\bar{k}o\}$
Hexag. Pyramide 2. Art	$a : 2a : 2a : mc$	$mP2$	$\pi \{11\bar{2}l\}$
Hexag. Prisma 2. Art	$a : 2a : 2a : \infty c$	$\infty P2$	$\pi \{11\bar{2}o\}$

Die Krystalle besitzen eine Hauptsymmetrieebene und senkrecht zu ihr eine sechszählige Hauptachse.

Der Apatit (S. 109) zeigt diese Art der Hemiedrie.

10. **Rhomboedrische Hemiedrie** (Ditrigonal-skalenoedrische Klasse). Nur die in abwechselnden Dodekanten gelegenen Flächengruppen kommen zur Entwicklung. Wie S. 28 gezeigt wurde, entstehen aus jeder Pyramide der 1. Art zwei Rhomboeder, die als positives und negatives unterschieden und nach Naumann mit $+R$ und $-R$ bezeichnet werden. Man erhält die mit *e* bezeichneten Mittelecke (Fig. 54, S. 28) dadurch, daß man die zwischen den Flächen *t* und *w* sowie *r* und *v* gelegenen Mittelkanten verlängert, bis sie sich schneiden, den Durchschnittspunkt mit der Polecke *a* verbindet und diese Gerade durch die Verlängerung der Höhenlinie der Seitenfläche *u* schneidet (vergl. auch Fig. 357 und 361). An den Polecken stoßen drei gleiche Flächenwinkel (drei spitze oder drei stumpfe) zusammen, an den Mittelecken dagegen

Fig. 351.

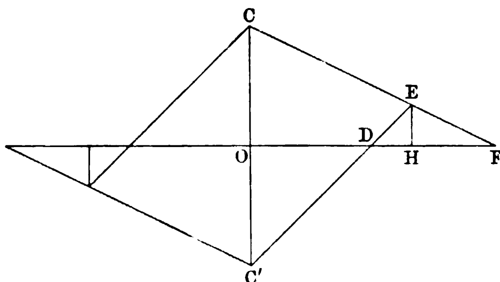
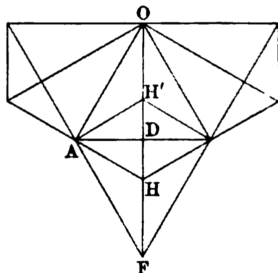


Fig. 352.



zweierlei Winkel (zwei stumpfe und ein spitzer oder zwei spitze und ein stumpfer). Man unterscheidet danach spitze und stumpfe Rhomboeder. Ein Schnitt, der durch zwei parallel laufende Polkanten geführt wird und der die Hauptachse sowie die längeren oder kürzeren Diagonalen (je nachdem es sich um ein spitzes oder ein stumpfes Rhomboeder handelt) zweier rhombischer Begrenzungsflächen einschließt, heißt Hauptschnitt. Errichtet man in ihm im Krystallmittelpunkte ein Lot auf die Hauptachse, so fällt dieses mit einer Zwischenachse der hexagonalen Doppelpyramide 1. Art zusammen. Zieht man durch

den Endpunkt der Rhomboederkante, also durch die Mittelecke des Rhomboeders eine Parallele zur Hauptachse (vergl. Fig. 351), so sind die Strecken OH und EH die Abscisse und die Ordinate der Mittelecke G des Rhomboeders. Es ist nun

$$DH : EH = OD : OC' = OD : OC,$$

also

$$DH = \frac{OD}{OC} \cdot EH.$$

Ferner ist

$$HF : EH = OF : OC = 2OD : OC,$$

also

$$HF = \frac{2OD}{OC} \cdot EH.$$

Demnach ist $HF = 2HD$, oder der Fußpunkt der Ordinate EH trifft DF in $\frac{1}{3}$ seiner Länge, und da $DF = OD$, so ist die Abscisse der Mittelecke $OH = \frac{4}{3}OD$. Trägt man daher (Fig. 352) DH von D aus auf OD ab, sodaß $DH = DH'$ ist, so ist $HH' = \frac{2}{3}OD = OH'$ und $DH = DH' = \frac{1}{3}OD$. Ferner folgt aus $\triangle ADO$, in dem $AO = 2AD$ ist, $OD^2 = 3AD^2$ und mithin $AD^2 = \frac{1}{3}OD^2$. Demnach ist im $\triangle ADH : AH = \sqrt{AD^2 + DH^2} = \sqrt{\frac{1}{3}OD^2 + \frac{1}{9}OD^2} = \frac{2}{3}OD$. Dies ist aber auch die Länge von AH', da wegen des rechten Winkels bei D und der Gleichheit von DH und DH' $\triangle AHH'$ gleichschenklig ist. Folglich ist $\angle OAH$ ein Winkel im Halbkreis. Demnach steht AH senkrecht auf OA. Daraus aber ergiebt sich, daß H ein Eckpunkt der Basis der zugehörigen Pyramide 2. Art ist. **Die Mittelecken des Rhomboeders liegen mithin abwechselnd senkrecht oberhalb und senkrecht unterhalb der Basisecken einer Pyramide 2. Art, die zu derjenigen Pyramide 1. Art gehört, deren Hemieder das Rhomboeder ist.**

Ferner folgt aus der Proportion

$$DH : EH = OD : OC$$

für die Ordinate EH der Wert:

$$EH = \frac{DH}{OD} \cdot OC = \frac{1}{3} \cdot OC.$$

Der Abstand einer Mittelecke des Rhomboeders von dem senkrecht darunter liegenden Eckpunkt der Pyramide 2. Art ist mithin gleich dem dritten Teil der Hauptachse des Rhomboeders. Ist diese daher gleich mc, so ist

$$EH = \frac{1}{3}\, mc.$$

Das **Bravais**sche Zeichen für die beiden aus der Pyramide $\{ho\bar{h}l\}$ abgeleiteten Rhomboeder ist $\varkappa\,\{ho\bar{h}l\}$ und $\varkappa\,\{oh\bar{h}l\}$.

Bei der dihexagonalen Doppelpyramide gelangen entweder die Flächengruppen

$$\begin{array}{l} 1,\ 2\ ..\ 5,\ 6\ ..\ 9,\ 10\ .. \\ ..\ 3',\ 4'\ ..\ 7',\ 8'\ ..\ 11',\ 12' \end{array}$$

oder

$$\begin{array}{l} ..\ 3,\ 4\ ..\ 7,\ 8\ ..\ 11\ \ 12 \\ 1',\ 2'\ ..\ 5',\ 6'\ ..\ 9',\ 10'\ .. \end{array}$$

zur Entwicklung. Es entstehen so zwei Skalenoeder, die entsprechend den Rhomboedern als positives und negatives unterschieden werden. Verlängert man in einer dihexagonalen Doppelpyramide die an den abwechselnden Zwischenachsen D_2, D_4, D_6 einerseits, D_1, D_3, D_5 andererseits zusammenstoßenden Mittelkanten, bis sie sich in den Punkten F_1, F_3, F_5 (und F_2, F_4, F_6) schneiden (Fig. 353 und 354), verbindet die eine Gruppe dieser Punkte

Fig. 353.

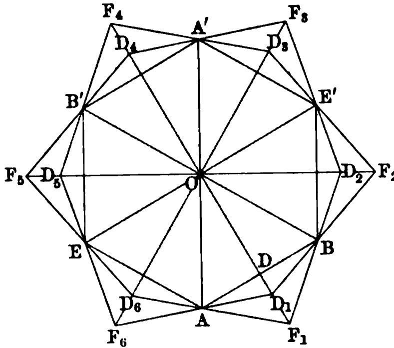
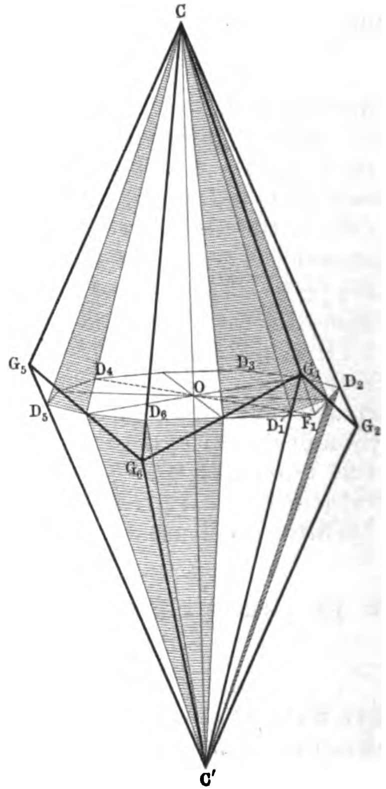


Fig. 354.



mit dem einen Endpunkt der Hauptachse, z. B. C, die andere mit dem anderen Endpunkte C' und verlängert alsdann die Polkanten $C'D_1$, $C'D_3$ und $C'D_5$, bis sie die Geraden CF_1, CF_3, CF_5 in den Punkten G_1, G_3 und G_5, und ebenso die Polkanten CD_2, CD_4, CD_6, bis sie die Geraden $C'F_2$, $C'F_4$ und $C'F_6$ in den Punkten G_2, G_4 und G_6 schneiden und verbindet endlich G_1 mit G_2 und G_6, G_3 mit G_2 und G_4, G_5 mit G_4 und G_6, so sind diese durch die Endpunkte der Nebenachsen A, B, E', A', B' und E gehenden Geraden die zickzackförmig verlaufenden Mittelkanten, und CG_1, CG_2, CG_3, CG_4, CG_5, CG_6 die sechs oberen, $C'G_1$, $C'G_2$, $C'G_3$, $C'G_4$, $C'G_5$, $C'G_6$ die sechs unteren Polkanten des Skalenoeders. Fig. 355 veranschaulicht die Konstruktion für diejenigen vier Polkanten, die in einem durch die Zwischenachse $D_1 D_4$ und die Hauptachse gelegten Schnitt liegen. Man kann nun auch hier die Länge der Abscisse OH_1 und der Ordinate $G_1 H_1$ der Mittelecke G_1 berechnen.

Die etwas umständliche Rechnung soll hier nur teilweise wiedergegeben werden. Man findet zunächst

$$OD_1 = \frac{na\sqrt{3}}{n+1}; \quad OF_1 = \frac{na\sqrt{3}}{2n-1} \quad \ldots \ldots \ldots 1)$$

Da nun wegen der Ähnlichkeit der Dreiecke $D_1 G_1 H_1$ und $D_1 C' O$ (Fig. 355) einerseits, $G_1 H_1 F_1$ und COF_1 andererseits

$$D_1H_1 : G_1H_1 = OD_1 : OC' = OD_1 : OC,$$

und

$$H_1F_1 : G_1H_1 = OF_1 : OC$$

ist, so folgt:

$$D_1H_1 : H_1F_1 = OD_1 : OF_1,$$

oder

$$D_1H_1 : OD_1 = H_1F_1 : OF_1.$$

Da $D_1H_1 = OH_1 - OD_1$ und $H_1F_1 = OF_1 - OH_1$, so ist

$$\frac{OH_1}{OD_1} - 1 = 1 - \frac{OH_1}{OF_1},$$

oder

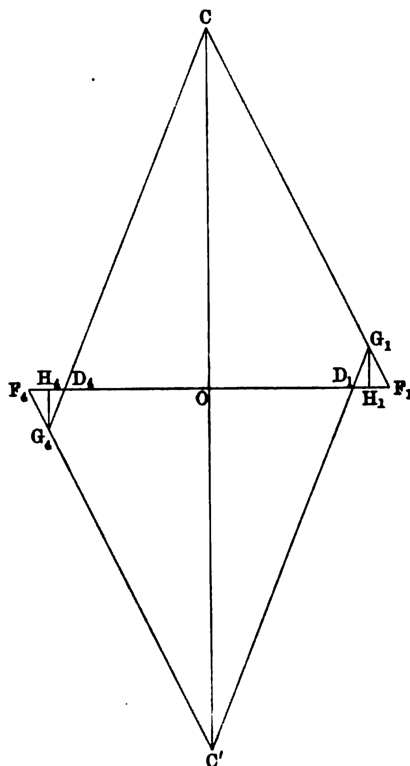
$$OH_1\left(\frac{1}{OD_1} + \frac{1}{OF_1}\right) = 2.$$

Nach Einsetzung der Werte von OD_1 und OF_1 erhält man endlich

$$OH_1 = \tfrac{2}{3}a\sqrt{3}. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 2)$$

Da nach Fig. 353 $OD = \frac{1}{2}a\sqrt{3}$, so ist mithin $OH_1 = \frac{4}{3}OD$. Dies ist aber die Länge der Zwischenachse in der Pyramide 2. Art (s. S. 623). Umschreibt man also die Basis der dihexagonalen Doppelpyramide durch die der zugehörigen Pyramide 2. Art, so liegen die Mittelecken des Skalenoeders abwechselnd senkrecht oberhalb und senkrecht unterhalb der Mittelecken der Pyramide 2. Art, oder die Mittelecken des Skalenoeders fallen mit den Mittelecken eines Rhomboeders zusammen, und zwar ist dieses der Halbflächner einer Pyramide 1. Art, die der zum Skalenoeder gehörenden dihexagonalen Doppelpyramide derart eingeschrieben ist, daß die Endpunkte der Nebenachsen beider Pyramiden zusammenfallen.

Fig. 355.



Die Ordinate der Mittelecke des Skalenoeders folgt aus der Beziehung:

$$G_1H_1 : D_1H_1 = OC : OD_1;$$

$$G_1H_1 = \frac{D_1H_1}{OD_1} \cdot OC$$

$$= \frac{OH_1 - OD_1}{OD_1} \cdot OC$$

$$= \left(\frac{OH_1}{OD_1} - 1\right) \cdot OC.$$

Da nun nach 1) und 2)

$$\frac{OH_1}{OD_1} = \frac{2(n+1)}{3n}$$

ist, so folgt

$$G_1H_1 = \frac{2-n}{3n} \cdot OC.$$

Dies ist mithin gleichzeitig die Ordinate der Mittelecke desjenigen Rhomboeders, dessen Mittelecken (und folglich auch Mittelkanten) mit denen des Skalenoeders zusammenfallen. Da die Hauptachse des Rhomboeders dreimal länger sein muß, als diese Ordinate (s. S. 623), so erhält man für ihre Länge OC_{Rh} den Ausdruck

$$OC_{Rh} = \frac{2-n}{n} \cdot OC_{Sk}.$$

Ist demnach das Skalenoeder der Halbflächner der Doppelpyramide mPn, so ist die Hauptachse des eingeschriebenen „Rhomboeders der Mittelkanten"

$$OC_{Rh} = \frac{2-n}{n} \cdot mc.$$

Da für ein bestimmtes Skalenoeder m und n ganz bestimmte Werte besitzen, so existiert für dieses auch nur ein Rhomboeder der Mittelkanten, dessen Hauptachse aus der angegebenen Beziehung berechnet werden kann. So ist für das Skalenoeder $3P\frac{3}{2}$ das Rhomboeder R dasjenige der Mittelkanten, da $\frac{2-\frac{3}{2}}{\frac{3}{2}} \cdot 3 = 1$ ist; für das Skalenoeder $\frac{4}{5}P\frac{4}{3}$ dagegen das Rhomboeder $\frac{2}{5}R$, d. h. das durch Hemiedrie aus der Pyramide $\frac{2}{5}P$ entstehende, deren Flächen also das Parameterverhältnis $a : a : \infty a : \frac{2}{5}c$ besitzen.

Da demnach für jedes Skalenoeder ein Rhomboeder existiert, dessen Mittelkanten mit den seinigen zusammenfallen, so bezieht Naumann die Skalenoeder auf diese Rhomboeder, indem er, wie es in Fig. 57 auf S. 28 geschehen ist, die Hauptachse dieses Rhomboeders verlängert, bis sie derjenigen des Skalenoeders gleich wird, und durch die Endpunkte dieser Achse und die Mittelkanten des Rhomboeders Flächen legt. Die Zahl, welche angiebt, um das wievielfache die Hauptachse des Rhomboeders verlängert wurde, damit sie der des Skalenoeders gleich wird, wird hinter das Zeichen des eingeschriebenen Rhomboeders der Mittelkanten gesetzt. Im ersten der oben angeführten Beispiele ist z. B. die Hauptachse des Skalenoeders das Dreifache von der des Rhomboeders, das Zeichen des Skalenoeders $\frac{3P\frac{3}{2}}{2}$ ist demnach $R3$. Im zweiten Beispiel hat die Fläche des Skalenoeders das Parameterverhältnis $a : \frac{4}{3}a : 4a : \frac{4}{5}c$, diejenige des Rhomboeders dagegen $a : a : \infty a : \frac{2}{5}c$. Mithin ist, da $\frac{4}{5} = 2 \cdot \frac{2}{5}$ ist, das Symbol des Skalenoeders $\frac{2}{5}R2$.

Das einem gegebenen Skalenoeder eingeschriebene Rhomboeder der Mittelkanten kann natürlich auch noch anderen Skalenoedern gemeinsam sein, oder zu jedem Rhomboeder $m'R$ gehören unendlich viele Skalenoeder, da der Faktor n', mit dem der Parameter auf der Hauptachse des Rhomboeders zu multipli-

zieren ist, jeden beliebigen rationalen Wert besitzen kann. Die sämtlichen zu dem Rhomboeder $m'R$ gehörenden Skalenoeder $m'Rn'$ müssen der Bedingung genügen, daß ihre Hauptachse das n'-fache von der des Rhomboeders ist, d. h. es ist:

$$O C_{Sk} = n' \cdot O C_{Rh} = n' \cdot m' c.$$

Ferner besteht zwischen der Hauptachse des Rhomboeders und der eines jeden der Skalenoeder die Gleichung:

$$O C_{Rh} = \frac{2 - n}{n} \, O C_{Sk}.$$

Diese beiden Beziehungen gestatten, aus dem Naumannschen Symbol für ein Skalenoeder das nicht gekürzte Symbol abzuleiten, aus dem das Parameterverhältnis der Skalenoederflächen zu ersehen ist. Da nämlich die Hauptachse des Skalenoeders gleich mc ist, so erhält man die beiden Gleichungen:

$$mc = n'm'c,$$

und

$$m'c = \frac{2 - n}{n} \, mc,$$

woraus sich ergiebt

$$n = \frac{2n'}{n' + 1} \text{ und } m = n'm'.$$

Demnach bezeichnen die beiden Symbole:

$$m'Rn' \text{ und } \pm \frac{mPn}{2} = \pm \frac{m'n'P\frac{2n'}{n'+1}}{2}$$

dasselbe Skalenoeder. So ist das beim Kalkspat (außer den genannten $R3$ und $\frac{2}{5}R2$) nicht seltene Skalenoeder $\frac{1}{4}R3$ der Halbflächner der dihexagonalen Doppelpyramide $\frac{3}{4}P\frac{3}{2}$.

Aus den beiden Gleichungen

$$n = \frac{2n'}{n' + 1} \text{ und } m = n'm'$$

kann man endlich die Bedingungen herleiten, denen die zu demselben Rhomboeder der Mittelkanten gehörenden Skalenoeder genügen müssen. Substituiert man nämlich in der ersten Gleichung für n' den aus der zweiten folgenden Wert, so kommt

$$n = \frac{2 \cdot \frac{m}{m'}}{\frac{m}{m'} + 1} = \frac{2m}{m + m'},$$

d. h. die zu dem Rhomboeder $m'R$ gehörenden Skalenoeder haben das Symbol $mP\frac{2m}{m + m'}$. So haben mit dem Rhomboeder R, für welches $m' = 1$ ist, z. B. die folgenden Skalenoeder die Mittelkanten gemeinsam:

$$2P\tfrac{4}{3},\ 3P\tfrac{3}{2} \text{ (s. o.)},\ 4P\tfrac{8}{5},\ 5P\tfrac{5}{3} \cdots\cdots,$$

mit dem Rhomboeder $\frac{1}{4}R$, für welches $m' = \frac{1}{4}$ ist, die Skalenoeder:

$$\tfrac{1}{2}P\tfrac{4}{3},\ \tfrac{3}{4}P\tfrac{3}{2}\ (\text{s. o.}),\ P\tfrac{8}{5},\ \tfrac{5}{4}P\tfrac{5}{3}\ \ldots\ldots$$

In der Regel läßt man beim Skalenoeder die oben angewendeten Striche fort, die ja nur nötig waren, um die für das Skalenoeder und das Rhomboeder geltenden Indices zu unterscheiden, schreibt also das Symbol des Skalenoeders mRn.

Das Bravaissche Zeichen für die beiden zu derselben dihexagonalen Doppelpyramide gehörenden Skalenoeder ist $\varkappa\{hi\bar{k}l\}$ und $\varkappa\{ih\bar{k}l\}$.

Die übrigen Holoeder erfahren bei der rhomboedrischen Hemiedrie zwar keine Gestaltsveränderung, sie werden aber der Übereinstimmung wegen in der Naumannschen Bezeichnung ebenfalls auf das Rhomboeder bezogen. Die Deuteropyramide erhält daher nicht das Symbol $mP2$, sondern $mR2$ u. s. w.

Rhomboeder	$a : a : \infty a : mc$	$\begin{cases} +\ mR \\ -\ mR \end{cases}$	$\varkappa\{ho\bar{h}l\}$ $\varkappa\{oh\bar{h}l\}$
Hexag. Prisma 1. Art	$a : a : \infty a : \infty c$	∞R	$\varkappa\{10\bar{1}0\}$
Basis	$a : a : \infty a : oc$	oR	$\varkappa\{0001\}$
Skalenoeder	$a : na : \frac{n}{n-1}a : mc$	$\begin{cases} +\ mRn \\ -\ mRn \end{cases}$	$\varkappa\{hi\bar{k}l\}$ $\varkappa\{ih\bar{k}l\}$
Dihexagonales Prisma	$a : na : \frac{n}{n-1}a : \infty c$	∞Rn	$\varkappa\{hi\bar{k}o\}$
Hexag. Pyramide 2. Art	$a : 2a : 2a : mc$	$mR2$	$\varkappa\{11\bar{2}l\}$
Hexag. Prisma 2. Art	$a : 2a : 2a : \infty c$	$\infty R2$	$\varkappa\{11\bar{2}0\}$

Die Krystalle besitzen drei gleichwertige Nebensymmetrieebenen, die sich in der dreizähligen Hauptachse unter Winkeln von 60° schneiden. Senkrecht zu den Nebensymmetrieebenen stehen drei gleichwertige zweizählige Nebenachsen.

In diesen Formen krystallisieren viele und z. T. sehr wichtige Mineralien: Arsen (S. 68), Antimon (S. 68), Wismut (S. 72), Eis (S. 90), Korund (S. 89), Eisenglanz (S. 85), Natronsalpeter (S. 103), Calcit (S. 98), Magnesit (S. 100), Eisenspat (S. 100), Zinkspat (S. 101), Manganspat (S. 101).

11. Trapezoedrische Hemiedrie (Hexagonal-trapezoedrische Klasse). Die abwechselnden Flächen verschwinden. Von einer dihexagonalen Doppelpyramide bleiben daher entweder die Flächen

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 . . 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′	oder	. 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12 1′ . 3′ . 5′ . 7′ . 9′ . 11′ .

Die entstehende Form heißt Trapezoeder. Es ist von 12 Trapezen begrenzt, die sich in 12 gleich langen Polkanten und 12 Mittelkanten schneiden. Letztere verlaufen zickzackförmig auf- und abwärts und sind abwechselnd gleich. Die beiden aus derselben dihexagonalen Doppelpyramide entstehenden Formen

sind enantiomorph. Das Naumannsche Symbol ist daher $\frac{mPn}{2}r$ und $\frac{mPn}{2}l$, während die Bravaissche Bezeichnungsweise lautet: $\tau\{hi\bar{k}l\}$ und $\tau\{k\bar{i}\bar{h}l\}$.

Die übrigen Vollflächner erfahren keine Gestaltsveränderung.

Die Krystalle besitzen eine sechszählige Hauptachse und in der dazu senkrechten Ebene drei zweizählige Nebenachsen, die sich unter 30° schneiden.

Da kein Mineral bekannt ist, welches diese Art der Hemiedrie zeigt, so soll keine Zusammenstellung der Formen gegeben werden.

Gelangen bei demselben Vollflächner zwei Gesetze der Hemiedrie gleichzeitig zur Anwendung, so entstehen tetartoedrische Formen. Sie lassen sich in fünf Klassen einordnen. Zunächst kann die Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene mit vier anderen Arten der Hemiedrie verbunden werden. Indes entstehen dadurch nur zwei neue Symmetrieklassen. Denn da nach S. 620 (Nr. 7) bei der Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene nur die auf einer ihrer Seiten gelegenen Flächen zur Entwickelung gelangen, also

entweder die Flächen 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12,
oder die Flächen 1′ 2′ 3′ 4′ 5′ 6′ 7′ 8′ 9′ 10′ 11′ 12′,

so bleiben bei dem gleichzeitigen Auftreten der trigonotypen Hemiedrie, bei der (s. S. 620; Nr. 8) für sich allein die Flächen

1, 2 . . 5, 6 . . 9, 10 . . oder . . 3, 4 . . 7, 8 . . 11, 12
1′, 2′ . . 5′, 6′ . . 9′, 10′ . . oder . . 3′, 4′ . . 7′, 8′ . . 11′, 12′

zur Entwicklung kommen, entweder die Flächen

1, 2 . . 5, 6 . . 9, 10 . . resp. . . 3, 4 . . 7, 8 . . 11, 12,

oder die Flächen

1′, 2′ . . 5′, 6′ . . 9′, 10′ . . resp. . . 3′, 4′ . . 7′, 8′ . . 11′, 12′

übrig. Dieselben Flächen erhält man aber auch, wenn man die Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene mit der rhomboedrischen Hemiedrie verbindet, bei der (s. S. 623) für sich allein die Flächengruppen

1, 2 . . 5, 6 . . 9, 10 . .
. . 3′, 4′ . . 7′, 8′ . . 11′, 12′,

oder

. . 3, 4 . . 7, 8 . . 11, 12
1′, 2′ . . 5′, 6′ . . 9′, 10′ . .

zur Entwicklung gelangen. Man nennt diese Art der Tetartoedrie

12. Ditrigonal-pyramidale Tetartoedrie (ditrigonal-pyramidale Klasse). Aus jeder dihexagonalen Doppelpyramide entstehen vier untereinander kongruente ditrigonale Pyramiden, die von sechs ungleichseitigen Dreiecken begrenzt, aber nach der einen Seite offen sind. Am oberen Pol der Hauptachse liegen die beiden Pyramiden $+\frac{mRn}{2}$ oder $\varkappa\{hi\bar{k}l\}$ und

$-\frac{mRn}{2}$ oder $\varkappa\{ih\bar{k}l\}$. Am unteren Pol liegen $+\frac{mRn}{2}$ oder $\varkappa\{ih\bar{k}\bar{l}\}$ und $-\frac{mRn}{2}$ oder $\varkappa\{hi\bar{k}\bar{l}\}$. Jede dieser Pyramiden bildet die eine Hälfte der bitrigonalen Doppelpyramide (S. 620). — Die hexagonalen Doppelpyramiden 1. Art liefern von drei gleichseitigen Dreiecken begrenzte trigonale Pyramiden, deren Symbole $+\frac{mR}{2}$ und $-\frac{mR}{2}$ oder $\varkappa\{ho\bar{h}l\}$ und $\varkappa\{oh\bar{h}l\}$ für die beiden oberen, $\varkappa\{oh\bar{h}\bar{l}\}$ und $\varkappa\{ho\bar{h}\bar{l}\}$ für die beiden unteren lauten. Die hexagonalen Doppelpyramiden 2. Art zerfallen in eine obere und eine untere Pyramide, deren jede von sechs gleichschenkligen Dreiecken begrenzt ist. Ihr Symbol ist $\frac{mR2}{2}$ oder $\varkappa\{11\bar{2}l\}$ und $\varkappa\{11\bar{2}\bar{l}\}$. Das dihexagonale Prisma liefert zwei ditrigonale Prismen: $+\frac{\infty Pn}{2}$ $(\varkappa\{hi\bar{k}o\})$ und $-\frac{\infty Pn}{2}$ $(\varkappa\{ih\bar{k}o\})$; das hexagonale Prisma 1. Art ebenso zwei trigonale Prismen: $+\frac{\infty R}{2}$ $(\varkappa\{10\bar{1}0\})$ und $-\frac{\infty R}{2}$ $(\varkappa\{01\bar{1}0\})$, während die hexagonalen Prismen 2. Art, $\infty R2$ oder $\varkappa\{11\bar{2}0\}$, unverändert bleiben. Die Basis endlich zerfällt in die beiden Flächen $\frac{OP}{2}$ $(\varkappa\{0001\})$ am oberen und $\frac{OP}{2}$ $(\varkappa\{000\bar{1}\})$ am unteren Ende der Hauptachse.

Folgende Tabelle giebt die Übersicht der Formen:

Trigonale Pyramiden 1. Art (s. S. 621)	a :	a :	∞a	: mc	oberer Pol	$+\frac{mR}{2}$	$\varkappa\{ho\bar{h}l\}$
						$-\frac{mR}{2}$	$\varkappa\{oh\bar{h}l\}$
					unterer Pol	$+\frac{mR}{2}$	$\varkappa\{oh\bar{h}\bar{l}\}$
						$-\frac{mR}{2}$	$\varkappa\{ho\bar{h}\bar{l}\}$
Trigonale Prismen 1. Art	a :	a :	∞a	: ∞c		$+\frac{\infty R}{2}$	$\varkappa\{10\bar{1}0\}$
						$-\frac{\infty R}{2}$	$\varkappa\{01\bar{1}0\}$
Basis	a :	a :	∞a	: oc		$\frac{OR}{2}$	$\varkappa\{0001\}$
						$\frac{OR}{2}$	$\varkappa\{000\bar{1}\}$

Ditrigonale Pyramiden 1. Art (s. S. 620)	$a : na : \frac{n}{n-1}a : mc$	oberer Pol	$+\frac{mRn}{2}$	$\varkappa\{hi\bar{k}l\}$
			$-\frac{mRn}{2}$	$\varkappa\{ih\bar{k}l\}$
		unterer Pol	$+\frac{mRn}{2}$	$\varkappa\{ih\bar{k}\bar{l}\}$
			$-\frac{mRn}{2}$	$\varkappa\{hi\bar{k}\bar{l}\}$
Ditrigonale Prismen 1. Art	$a : na : \frac{n}{n-1}a : \infty c$		$+\frac{\infty Rn}{2}$	$\varkappa\{hi\bar{k}o\}$
			$-\frac{\infty Rn}{2}$	$\varkappa\{ih\bar{k}o\}$
Hexagonale Pyramiden 2. Art	$a : 2a : \quad 2a \quad : mc$	oberer Pol	$\frac{mR2}{2}$	$\varkappa\{11\bar{2}l\}$
		unterer Pol	$\frac{mR2}{2}$	$\varkappa\{11\bar{2}\bar{l}\}$
Hexagonales Prisma 2. Art	$a : 2a \quad : \quad 2a \quad : oc$		$\frac{\infty R2}{2}$	$\varkappa\{1120\}$

Die Krystalle besitzen eine dreizählige Symmetrieachse und drei in ihr sich unter Winkeln von 60° schneidende Symmetrieebenen.

Diese Formen zeigen der Turmalin (Fig. 132, S. 127) und der Proustit (S. 82). Die Krystalle wurden früher als hemimorph bezeichnet.

Auch die Verbindung der Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene mit der pyramidalen oder trapezoedrischen Hemiedrie führt zu denselben Formen. Denn bei der letzteren (s. S. 628; Nr. 11) kommen die Flächen

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 .   oder   . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12
. 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′   1′ . 3′ . 5′ . 7′ . 9′ . 11′ .

bei der ersteren (s. S. 621; Nr. 9) die Flächen

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 .   oder   . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12
1′ . 3′ . 5′ . 7′ . 9′ . 11′ .   . 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′

zur Entwicklung. Wird nun außerdem die Bedingung gestellt, daß nur die oberhalb oder nur die unterhalb der Hauptsymmetrieebenen gelegenen Flächen zur Entwicklung gelangen, wie es die Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene fordert, so bleiben in beiden Fällen die Flächen

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 .   oder   . 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12
und
1′ . 3′ . 5′ . 7′ . 9′ . 11′ .   oder   . 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′

übrig. Die Formen stehen in der nächsten Beziehung zu denen der pyramidalen Hemiedrie (S. 621; Nr. 9), unterscheiden sich aber von ihnen dadurch,

daß sie durch die Hauptsymmetrieebene geteilt, also nach unten (oder oben) offen sind. Man nennt die Gesetzmäßigkeit, nach der sie entstehen, die

13. Hexagonal-pyramidale Tetartoedrie (pyramidale Klasse). Die Formen besitzen nur eine sechszählige Symmetrieachse und keine Symmetrieebene. Daher sind die aus einer dihexagonalen Doppelpyramide am oberen Pol entstehenden hexagonalen Pyramiden der 3. Art $\frac{mPn}{4}$ und $\frac{mPn}{4}l$ ($\{hi\bar{k}l\}$ und $\{ki\bar{h}l\}$) enantiomorph.

Ein Mineral, welches diese Art der Tetartoedrie zeigt, ist mit Sicherheit nicht bekannt.

Die trigonotype Hemiedrie kann nunmehr noch mit drei anderen Arten der Hemiedrie kombiniert werden. Man erhält jedoch nur zwei Arten neuer Formen, da die Verbindung mit der rhomboedrischen zu Formen führt, die mit den nach 12. entstehenden identisch sind. Denn nach der trigonotypen Hemiedrie (S. 620; Nr. 8) gelangen die Flächen

$$\begin{matrix} 1, 2 \,..\, 5, 6 \,..\, 9, 10 \,.. \\ 1', 2' \,..\, 5', 6' \,..\, 9', 10' \,.. \end{matrix} \quad \text{oder} \quad \begin{matrix} ..\, 3, 4 \,..\, 7, 8 \,..\, 11, 12 \\ ..\, 3', 4' \,..\, 7', 8' \,..\, 11', 12' \end{matrix}$$

nach der rhomboedrischen (S. 623) die Flächen

$$\begin{matrix} 1, 2 \,..\, 5, 6 \,..\, 9, 10 \,.. \\ ..\, 3', 4' \,..\, 7', 8' \,..\, 11', 12' \end{matrix} \quad \text{oder} \quad \begin{matrix} ..\, 3, 4 \,..\, 7, 8 \,..\, 11, 12 \\ 1', 2' \,..\, 5', 6' \,..\, 9', 10' \,.. \end{matrix}$$

zur Entwicklung, so daß, wenn beide Arten der Hemiedrie gleichzeitig angewendet werden, am oberen Ende der Hauptachse die Flächen

$$1, 2 \,..\, 5, 6 \,..\, 9, 10 \,.. \quad \text{oder} \quad ..\, 3, 4 \,..\, 7, 8 \,..\, 11, 12,$$

am unteren Ende die Flächen

$$1', 2' \,..\, 5', 6' \,..\, 9', 10' \,.. \quad \text{oder} \quad ..\, 3', 4' \,..\, 7', 8' \,..\, 11', 12'$$

zur Ausbildung kommen (vgl. S. 629).

14. Trigonale Tetartoedrie (Bipyramidale Klasse). Die Formen entstehen, wenn die Gesetze der trigonalen und der pyramidalen Hemiedrie gleichzeitig zur Anwendung gelangen. Eine einfache Betrachtung lehrt, daß entweder die Flächen

$$\begin{matrix} 1 \,...\, 5 \,...\, 9 \,... \\ 1' \,...\, 5' \,...\, 9' \,... \end{matrix}, \quad \text{oder} \quad \begin{matrix} .\, 2 \,...\, 6 \,...\, 10 \,.. \\ .\, 2' \,...\, 6' \,...\, 10' \,.. \end{matrix},$$

$$\text{oder} \quad \begin{matrix} ..\, 3 \,...\, 7 \,...\, 11 \,. \\ ..\, 3' \,...\, 7' \,...\, 11' \,. \end{matrix}, \quad \text{oder} \quad \begin{matrix} ...\, 4 \,...\, 8 \,...\, 12 \\ ...\, 4' \,...\, 8' \,...\, 12' \end{matrix}$$

zur Entwicklung gelangen. Die Formen besitzen eine dreizählige Achse und senkrecht zu ihr eine Symmetrieebene. Da diese Tetartoedrie weder an natürlichen noch an künstlichen Krystallen bisher beobachtet wurde, so soll nicht näher auf die Beschreibung der Formen eingegangen werden.

Durch die Verbindung der trigonotypen mit der trapezoedrischen Hemiedrie erhält man zwar neue Formen; da diese jedoch (bis auf die

Vertauschung von Neben- und Zwischenachsen) mit den nach der sogenannten trapezoedrischen Tetartoedrie entstehenden übereinstimmen, also gleich diesen eine dreizählige und in der zur ersteren senkrechten Ebene drei zweizählige Symmetrieachsen besitzen, so sollen sie dort beschrieben werden (s. Nr. 16, S. 635 ff.).

Die pyramidale Hemiedrie kann nunmehr noch mit der rhomboedrischen und der trapezoedrischen Hemiedrie kombiniert werden. Die im letzteren Fall entstehenden Formen stimmen jedoch mit den unter Nr. 13 beschriebenen überein. Denn nach der pyramidalen Hemiedrie (S. 621; Nr. 9) kommen entweder die Flächen

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 .
1′ . 3′ . 5′ . 7′ . 9′ . 11′ .,

oder

. 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12
. 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′;

nach der trapezoedrischen (S. 628; Nr. 11) die Flächen

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 .
. 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′,

oder

. 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12
1′ . 3′ . 5′ . 7 . 9′ . 11′ .

zur Entwicklung, durch die Verbindung beider mithin die Flächen:

1 . 3 . 5 . 7 . 9 . 11 .,

oder

. 2 . 4 . 6 . 8 . 10 . 12;

und

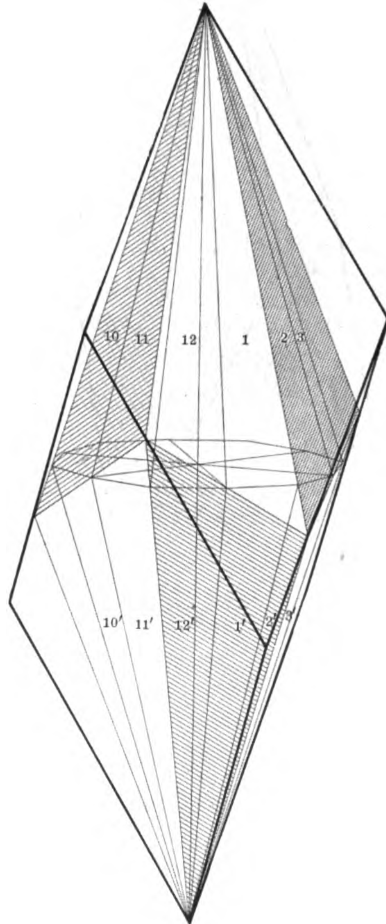
1′ . 3′ . 5′ . 7′ . 9′ . 11′ .,

oder

. 2′ . 4′ . 6′ . 8′ . 10′ . 12′

(vgl. S. 631).

Fig. 356.



15. Rhomboedrische Tetartoedrie (Rhomboedrische Klasse). Die Formen entstehen, wenn auf einen Vollflächner gleichzeitig die Gesetze der pyramidalen und der rhomboedrischen Hemiedrie angewendet werden. Die von der dihexagonalen Doppelpyramide zur Entwicklung gelangenden Flächen entsprechen einer der vier Gruppierungen:

1 . . . 5 . . . 9 . . .
. . 3′ . . . 7′ . . . 11′ .

oder

. 2 . . . 6 . . . 10 . .
. . . 4′ . . . 8′ . . . 12′

. . 3 . . . 7 . . . 11 .   . . . 4 . . . 8 . . . 12
1′ . . . 5′ . . . 9′ . . .   oder   . 2′ . . . 6′ . . . 10′ . .

Werden die Flächen bis zum Durchschnitt verlängert, so umschließen sie ein Rhomboeder (Fig. 356 a. v. S.), welches sich von dem in Nr. 10 beschrie-

Fig. 357.

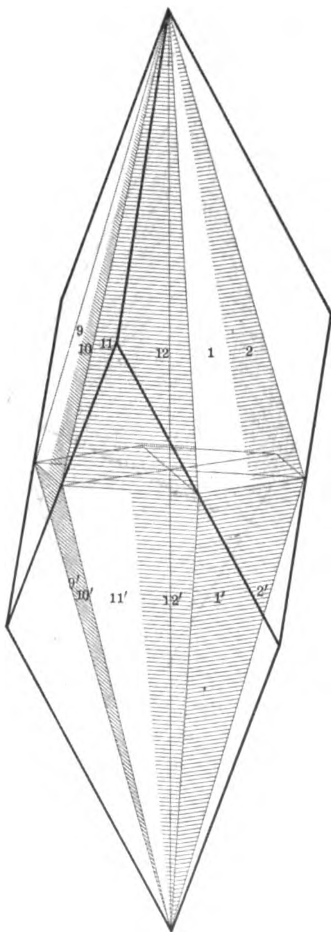
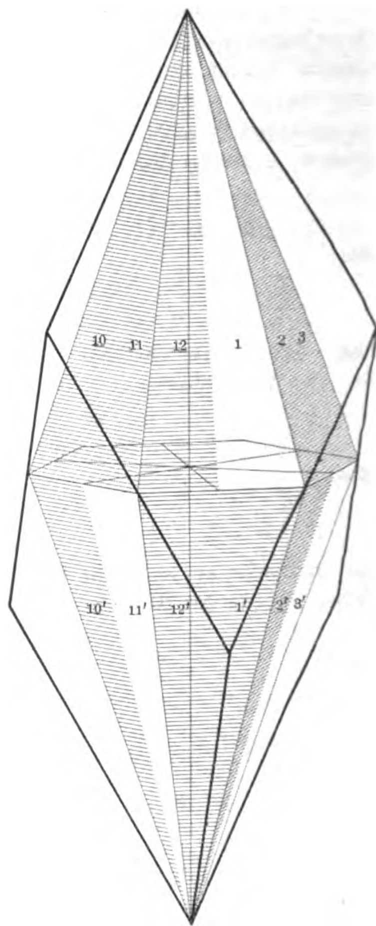


Fig. 358.



benen (Fig. 54, S. 28) nur durch seine Stellung unterscheidet. Da man es außer der in Fig. 356 veranschaulichten Weise auch aus einer Pyramide der 3. Art in derselben Weise entstanden denken kann, wie ein gewöhnliches Rhomboeder aus einer Pyramide der 1. Art, so nennt man es **Rhomboeder der 3. Art.** Aus jeder dihexagonalen Doppelpyramide erhält man vier derartiger Rhomboeder, von denen man die aus den Flächen des vorderen oberen Dodekanten entstandenen als positive bezeichnet und sie als rechtes und

linkes unterscheidet. Dadurch ergeben sich die Symbole $+\frac{mPn}{4}r$ oder $\varkappa\pi\{hi\bar{k}l\}$ und $+\frac{mPn}{4}l$ oder $\varkappa\pi\{k\bar{i}\bar{h}l\}$ und $-\frac{mPn}{4}r$ oder $\varkappa\pi\{ih\bar{k}l\}$ und $-\frac{mPn}{4}l$ oder $\varkappa\pi\{k\bar{h}\bar{i}l\}$. Auch die Pyramiden der 2. und der 1. Art liefern bei dieser Tetartoedrie Rhomboeder und zwar jede deren zwei. Die letzteren Rhomboeder (Fig. 357) sind mit denen der rhomboedrischen Hemiedrie identisch, werden also wie jene durch $+\frac{mP}{2}\varkappa\{ho\bar{h}l\}$ und $-\frac{mP}{2}\varkappa\{oh\bar{h}l\}$ unterschieden. Die von den Pyramiden 2. Art sich ableitenden Rhomboeder (Fig. 358) sind gegen diese um 60° gedreht und werden als Rhomboeder 2. Art bezeichnet. Ihr Zeichen ist $+\frac{mP2}{2}$ oder $\varkappa\pi\{11\bar{2}l\}$ und $-\frac{mP2}{2}$ oder $\varkappa\pi\{2\bar{1}\bar{1}l\}$. Das dihexagonale Prisma giebt zwei hexagonale Prismen 3. Art: $+\frac{\infty Pn}{2}$ oder $\pi\{hi\bar{k}o\}$ und $-\frac{\infty P}{2}$ oder $\pi\{k\bar{i}\bar{h}o\}$ (wie bei der pyramidalen Hemiedrie). Die Prismen 1. und 2. Art, sowie die Basis bleiben unverändert.

Die Krystalle haben eine dreizählige Hauptachse der einfachen Symmetrie, die zugleich eine sechszählige Achse der zusammengesetzten Symmetrie ist.

Beispiele: Dioptas (S. 115), Titaneisen (S. 94), wahrscheinlich auch der Dolomit (S. 100).

16. Trapezoedrische Tetartoedrie (Trapezoedrische Klasse). Unterwirft man eine dihexagonale Doppelpyramide gleichzeitig der rhomboedrischen und der trapezoedrischen Hemiedrie, so bleiben folgende Flächen übrig:

$$\begin{matrix} 1\ .\ .\ .\ 5\ .\ .\ .\ 9\ .\ .\ . \\ .\ .\ .\ 4'\ .\ .\ .\ 8'\ .\ .\ .\ 12 \end{matrix} \quad \text{und} \quad \begin{matrix} .\ 2\ .\ .\ .\ 6\ .\ .\ .\ 10\ .\ . \\ .\ .\ 3'\ .\ .\ .\ 7'\ .\ .\ .\ 11'\ ., \end{matrix}$$

oder

$$\begin{matrix} .\ .\ 3\ .\ .\ .\ 7\ .\ .\ .\ 11\ . \\ .\ 2'\ .\ .\ .\ 6'\ .\ .\ .\ 10'\ .\ . \end{matrix} \quad \text{und} \quad \begin{matrix} .\ .\ .\ 4\ .\ .\ .\ 8\ .\ .\ .\ 12\ . \\ 1'\ .\ .\ .\ 5'\ .\ .\ .\ 9'\ .\ .\ ., \end{matrix}$$

je nachdem man von dem Skalenoeder

$$\begin{matrix} 1\ 2\ .\ .\ 5\ 6\ .\ .\ 9\ 10\ .\ . \\ .\ .\ 3'\ 4'\ .\ .\ 7'\ 8'\ .\ .\ 11'\ 12' \end{matrix}$$

oder

$$\begin{matrix} .\ .\ 3\ 4\ .\ .\ 7\ 8\ .\ .\ 11\ 12 \\ 1'\ 2'\ .\ .\ 5'\ 6'\ .\ .\ 7'\ 8'\ .\ . \end{matrix}$$

ausgeht. Die Formen sind wie die hexagonalen Trapezoeder (Nr. 11, S. 628) von Trapezen begrenzt, die sich in sechs gleichen Polkanten und 3 + 3 auf- und absteigenden Mittelkanten schneiden (Fig. 359 u. 360 a. f. S.) Sie heißen **trigonale Trapezoeder**. Wie aus der obigen Ableitung hervorgeht, erhält man aus dem positiven und aus dem negativen Skalenoeder je zwei

Trapezoeder, die man entsprechend als positive und negative unterscheidet. Je ein positives ist je einem negativen kongruent, dagegen sind die beiden

Fig. 359.

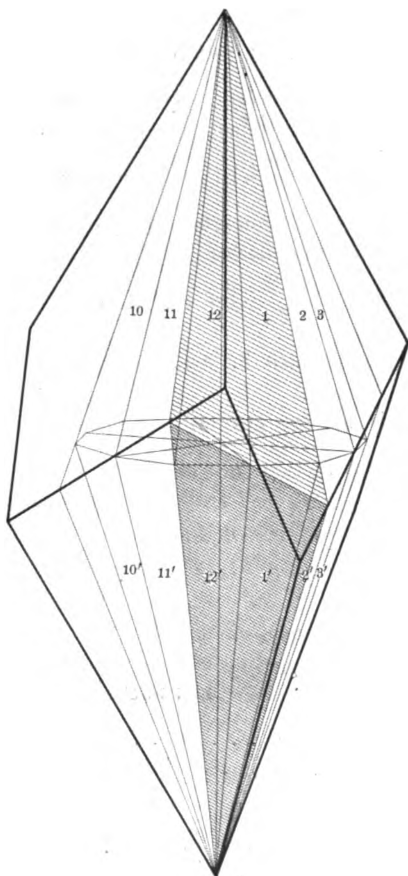
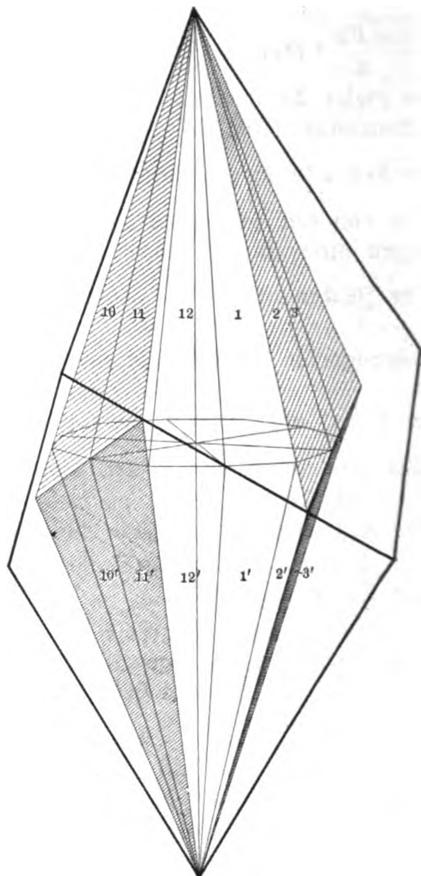


Fig. 360.



positiven und ebenso die beiden negativen unter sich enantiomorph. Man erhält demnach die Formen

$$+\frac{mPn}{4}r\ \varkappa\tau\{hi\bar{k}l\} \text{ und } +\frac{mPn}{4}l\ \varkappa\tau\{k\bar{i}\bar{h}l\}$$

(Fig. 359) (Fig. 360)

und

$$-\frac{mPn}{4}l\ \varkappa\tau\{k\bar{h}\bar{i}l\} \text{ und } -\frac{mPn}{4}r\ \varkappa\tau\{ih\bar{k}l\}.$$

Aus jeder Pyramide 1. Art entstehen zwei Rhomboeder 1. Art (Fig. 361), aus jeder Pyramide 2. Art dagegen zwei trigonale Pyramiden 2. Art, die von sechs gleichschenkligen Dreiecken begrenzt sind (Fig. 362). Jedes dihexagonale Prisma liefert zwei als ditrigonale Prismen 2. Art bezeichnete Formen,

deren Flächen unter abwechselnd gleichen Neigungswinkeln zusammenstoßen; das hexagonale Prisma 1. Art erfährt keine Gestaltsveränderung; aus dem hexagonalen Prisma 2. Art entsteht ein **trigonales Prisma**, dessen senkrecht zur Hauptachse gelegter Schnitt ein gleichseitiges Dreieck ist.

Fig. 361.

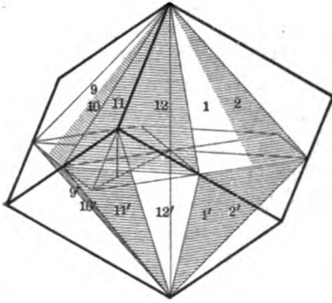
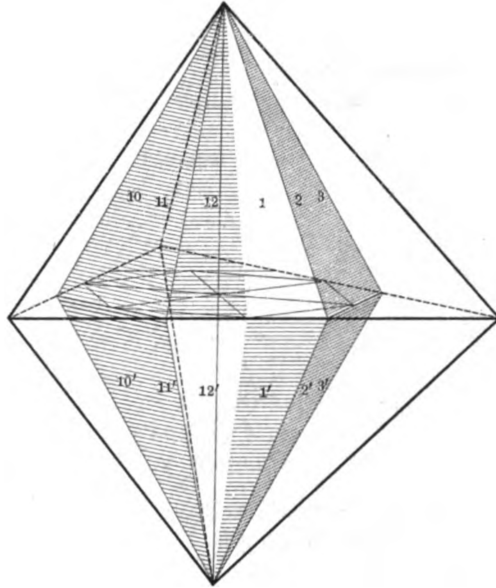


Fig. 362.



Die Nebenachsen gehen bei ihm durch je eine Kante und stehen auf der gegenüberliegenden Fläche senkrecht. Man erhält demnach folgende Übersicht:

Rhomboeder 1. Art	$a : a : \infty a : mc$	$+R$	$\varkappa\{ho\bar{h}l\}$
		$-R$	$\varkappa\{oh\bar{\bar{h}}l\}$
Hexagonales Prisma 1. Art	$a : a : \infty a : \infty c$	∞R	$\{10\bar{1}0\}$
Basis	$a : a : \infty a : oc$	$0R$	$\{0001\}$
Trigonale Trapezoeder	$a : na : \frac{n}{n-1} a : mc$	$+\frac{mPn}{4} r$	$\varkappa\tau\{hi\bar{k}l\}$
		$+\frac{mPn}{4} l$	$\varkappa\tau\{k\bar{i}\bar{h}l\}$
		$-\frac{mPn}{4} r$	$\varkappa\tau\{ih\bar{k}l\}$
		$-\frac{mPn}{4} l$	$.\varkappa\tau\{k\bar{h}\bar{i}l\}$
Ditrigonale Prismen 2. Art	$a : na : \frac{n}{n-1} a : \infty c$	$\frac{\infty Pn}{4} r$	$\varkappa\tau\{hi\bar{k}o\}$
		$\frac{\infty Pn}{4} l$	$\varkappa\tau\{k\bar{i}\bar{h}o\}$

Trigonale Pyramiden 2. Art	$a : 2a :$	$2a$	$: mc$	$\frac{mP2}{2} r$	$\varkappa\tau\{11\bar{2}l\}$
				$\frac{mP2}{2} l$	$\varkappa\tau\{2\bar{1}\bar{1}l\}$
Trigonale Prismen 2. Art	$a : 2a :$	$2a$	$: \infty c$	$\frac{\infty P2}{2} r$	$\varkappa\tau\{11\bar{2}0\}$
				$\frac{\infty P2}{2} l$	$\varkappa\tau\{2\bar{1}\bar{1}0\}$

Fig. 363.

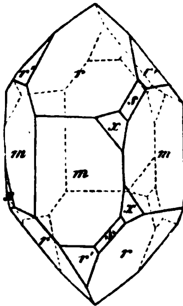
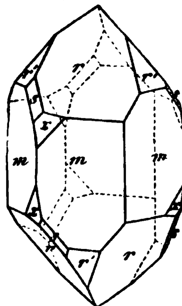


Fig. 364.



Die Krystalle besitzen eine dreizählige Symmetrieachse und in der dazu senkrechten Ebene drei weitere, einander unter 120° schneidende zweizählige Achsen.

Diese Tetartoedrie ist deshalb von Wichtigkeit, weil ihre Formen sich am Quarz (S. 91) finden; je nachdem an den Krystallen die rechten (Fig. 363, x) oder die linken Trapezoeder (Fig. 364, x) auftreten, drehen sie die Polarisationsebene nach rechts oder links. (Die Flächen s gehören zu zwei trigonalen Pyramiden 2. Art). Auch der Zinnober (S. 84) zeigt diese tetartoedrischen Formen.

17. Ogdoedrie (Trigonal-pyramidale Klasse). Sie kommt dadurch zustande, daß gleichzeitig drei Arten der Hemiedrie zur Anwendung gelangen. Die von der dihexagonalen Doppelpyramide übrig bleibenden Flächen sind stets dieselben, welche Arten der Hemiedrie man auch kombinieren mag, und zwar entweder die Flächen 1, 5, 9 oder 2, 6, 10, oder 3, 7, 11 oder 4, 8, 12 oder endlich die entsprechenden Flächen der unteren Hälfte. Dieselben bilden eine trigonale, nach unten oder nach oben offene Pyramide, die von drei ungleichseitigen Dreiecken begrenzt ist. Aus den Pyramiden 2. und 1. Art entstehen je vier trigonale Pyramiden, aus den Prismen trigonale Prismen 3., 2. und 1. Art. Die Basis zerfällt in zwei Flächen. Die Krystalle besitzen nur eine dreizählige Symmetrieachse. Ein hierher gehöriges Mineral ist nicht bekannt.

III. Tetragonales System.

18. Holoedrie (Ditetragonal-bipyramidale Klasse). Über die Ableitung der Formen s. S. 22ff., über die Symmetrieelemente S. 608.

Tetragonale Doppelpyramiden 1. Art	$a :$	$a : mc$	mP	$\{hhl\}$
Tetragonale Prismen 1. Art	$a :$	$a : \infty c$	∞P	$\{110\}$
Basis	$a :$	$a : 0c$	$0P$	$\{001\}$
Ditetragonale Doppelpyramiden	$a :$	$na : mc$	mPn	$\{hkl\}$

Ditetragonale Prismen	$a : na : \infty c$	$\infty P n$	$\{hko\}$
Tetragonale Doppelpyramiden 2. Art	$a : \infty a : mc$	$m P \infty$	$\{ohl\}$
Tetragonale Prismen 2. Art	$a : \infty a : \infty c$	$\infty P \infty$	$\{010\}$

Beispiele: Zirkon (S. 128), Rutil (S. 94), Vesuvian (S. 128), Apophyllit (S. 114).

19. **Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene oder Hemimorphie** (Ditetragonal-pyramidale Klasse). Nur die oberhalb oder unterhalb der Hauptsymmetrieebene gelegenen Flächengruppen gelangen zur Entwicklung. Jede holoedrische Doppelpyramide zerfällt in zwei einfache, im übrigen gleichgestaltete Pyramiden, die Basis in zwei Ebenen. Die Prismen bleiben unverändert. Die Krystalle besitzen eine vierzählige Symmetrieachse und vier sich in ihr unter 45° schneidende Symmetrieebenen. Mineralien, die diese Art der Hemiedrie zeigen, sind nicht bekannt.

20. **Pyramidale Hemiedrie** (Tetragonal-bipyramidale Klasse). Nur die an abwechselnden Mittelkanten gelegenen Flächenpaare kommen zur Entwicklung. Aus der ditetragonalen Doppelpyramide entstehen zwei einander kongruente **tetragonale Doppelpyramiden 3. Art**, deren Basis ein Quadrat ist. Dieses ist jedoch gegen die Basis der Pyramiden 1. Art um einen zwischen 0 und 45° liegenden Winkel gedreht (s. Fig. 40_3 auf S. 23). Ebenso liefert das ditetragonale Prisma ein **tetragonales Prisma 3. Art**, während die übrigen Formen keine Gestaltsveränderung erfahren. Die Krystalle besitzen eine vierzählige Symmetrieachse und eine dazu senkrechte Symmetrieebene. Man erhält folgende Zusammensetzung:

Tetragonale Doppelpyramiden 1. Art	$a : a : mc$	mP	$\pi\{hhl\}$
Tetragonales Prisma 1. Art	$a : a : \infty c$	∞P	$\pi\{110\}$
Basis	$a : a : oc$	oP	$\pi\{001\}$
Tetragonale Doppelpyramiden 3. Art	$a : na : mc$	$+ \frac{mPn}{2}$	$\pi\{hkl\}$
		$- \frac{mPn}{2}$	$\pi\{h\bar{k}l\}$
Tetragonale Prismen 3. Art	$a : na : \infty c$	$+ \frac{\infty Pn}{2}$	$\pi\{hko\}$
		$- \frac{\infty Pn}{2}$	$\pi\{h\bar{k}o\}$
Tetragonale Doppelpyramiden 2. Art	$a : \infty a : mc$	$mP\infty$	$\pi\{ohl\}$
Tetragonales Prisma 2. Art	$a : \infty a : \infty c$	$\infty P \infty$	$\pi\{oho\}$

Der Scheelit (S. 109) zeigt diese Art der Hemiedrie.

21. Sphenoidische Hemiedrie (Skalenoedrische Klasse). Nur die in abwechselnden Oktanten gelegenen Flächengruppen kommen zur Entwicklung.

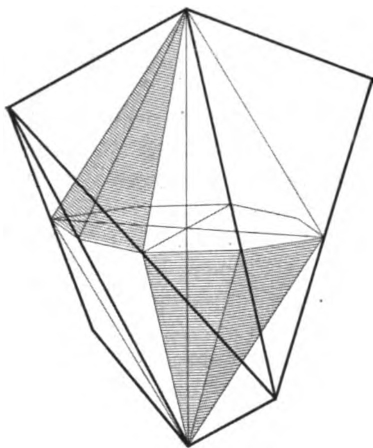


Fig. 365.

Aus jeder ditetragonalen Doppelpyramide entstehen zwei kongruente Formen, die, weil sie dem hexagonalen Skalenoeder entsprechen, als tetragonale Skalenoeder bezeichnet werden (Fig. 365); sie unterscheiden sich von jenen indes wesentlich dadurch, daß keine ihrer Begrenzungsflächen einander parallel sind. Dadurch schließt sich diese Hemiedrie wieder an die tetraedrische des regulären Systems an. Die tetragonalen Skalenoeder sind von acht ungleichseitigen Dreiecken umschlossen, die sich in 4 + 4 Polkanten und 4 zickzackförmig auf- und abwärts verlaufenden Mittelkanten schneiden. Die Polecken und Mittelecken sind vierflächig; an jenen stoßen zweierlei, an diesen dreierlei Kanten zusammen. Das Symbol der Skalenoeder ist $+\frac{mPn}{2}$ oder $\varkappa\{hkl\}$ und $-\frac{mPn}{2}$ oder $\varkappa\{h\bar{k}l\}$. Die Pyramiden der 1. Art liefern nach diesem Gesetz der Hemiedrie je zwei dem Tetraeder ähnliche, aber von vier gleichschenkligen Dreiecken begrenzte Formen, die Sphenoide (S. 25). An ihnen sind ebenfalls zwei Polkanten, durch deren Mitten die Hauptachse geht, und vier zickzackförmig verlaufende Mittelkanten zu unterscheiden, durch deren Mitten die Mittelkanten gehen.

Sphenoide	$a : a : mc$	$+\frac{mP}{2}$	$\varkappa\{hhl\}$
		$-\frac{mP}{2}$	$\varkappa\{h\bar{h}l\}$
Tetragonales Prisma 1. Art	$a : a : \infty c$	∞P	$\varkappa\{110\}$
Basis	$a : a : 0c$	$0P$	$\varkappa\{001\}$
Tetragonale Skalenoeder	$a : na : mc$	$+\frac{mPn}{2}$	$\varkappa\{hkl\}$
		$-\frac{mPn}{2}$	$\varkappa\{h\bar{k}l\}$
Ditetragonale Prismen	$a : na : \infty c$	∞Pn	$\varkappa\{hko\}$
Tetragonale Pyramiden 2. Art	$a : \infty a : mc$	$mP\infty$	$\varkappa\{ohl\}$
Tetragonales Prisma 2. Art	$a : \infty a : \infty c$	$\infty P\infty$	$\varkappa\{010\}$

Die übrigen Holoeder bleiben unverändert. Die Krystalle besitzen eine zweizählige Symmetrieachse (Hauptachse), in der sich zwei gleiche Symmetrieebenen unter 90° schneiden. In einer zur Hauptachse senkrechten Ebene liegen zwei weitere aufeinander senkrechte zweizählige Symmetrieachsen, die mit den beiden Symmetrieebenen Winkel von 45° bilden.

Die sphenoidische Hemiedrie zeigt sehr deutlich der Kupferkies (S. 77).

22. Trapezoedrische Hemiedrie (Tetragonal-trapezoedrische Klasse). Nur die abwechselnden Flächen gelangen zur Entwicklung. Da diese Hemiedrie bisher an Mineralien nicht beobachtet ist, so möge hier die Bemerkung genügen, daß aus jeder dihexagonalen Doppelpyramide zwei enantiomorphe, dem hexagonalen Trapezoeder ähnliche, aber nur von acht Trapezen begrenzte Formen, das positive und das negative tetragonale Trapezoeder hervorgehen, deren krystallographische Zeichen $\frac{mPn}{2}r$ oder $\tau\{hkl\}$ und $\frac{mPn}{2}l$ oder $\tau\{h\bar{k}l\}$ sind. Sie besitzen eine vierzählige Symmetrieachse und in der zu ihr senkrechten Ebene vier weitere, einander rechtwinklig schneidende zweizählige Symmetrieachsen.

Eine der trigonalen Hemiedrie analoge Hemiedrie ist im tetragonalen System nicht möglich. Die nach ihr entstehenden Formen würden drei zu einander zweizählige Symmetrieachsen besitzen, also dem rhombischen System zuzuzählen sein.

Auch die Zahl der möglichen Tetartoedrieen ist weit geringer als im hexagonalen System. Die Kombination der sphenoidischen Hemiedrie mit der trapezoedrischen oder der Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene führt zu Formen, die nach ihren Symmetrieverhältnissen in das rhombische System gehören. Aus der Kombination der sphenoidischen mit der pyramidalen Hemiedrie ergiebt sich die noch nicht beobachtete

23. Sphenoidische Tetartoedrie (Bisphenoidische Klasse). Ihre Formen, die im wesentlichen mit denen der sphenoidischen Hemiedrie übereinstimmen, besitzen eine vierzählige Symmetrieachse und senkrecht dazu eine Ebene der zusammengesetzten Symmetrie.

Aus der Kombination der pyramidalen Hemiedrie mit der trapezoedrischen oder mit der Hemiedrie nach der Hauptsymmetrieebene oder endlich der trapezoedrischen Hemiedrie mit derjenigen nach der Hauptsymmetrieebene ergiebt sich endlich die

24. Pyramidale Tetartoedrie (Pyramidale Klasse), bei der die abwechselnden Flächen entweder der oberen oder der unteren Hälfte einer ditetragonalen Doppelpyramide zur Entwicklung kommen. Die Formen gleichen demnach den durch die pyramidale Hemiedrie (Nr. 20, S. 639) entstehenden, unterscheiden sich aber von ihnen dadurch, daß nur die oberhalb oder nur die unterhalb der Hauptsymmetrieebene gelegenen Flächen zur Ausbildung gelangen. Sie besitzen demnach nur eine vierzählige Symmetrieachse.

Beispiel: Wulfenit (S. 109).

IV. Rhombisches System.

25. Holoedrie (Bipyramidale Klasse). Über die Ableitung der Form siehe S. 29, über die Symmetrieelemente S. 608.

Rhombische Doppelpyramiden der Grundreihe	$a : b : mc$	mP	$\{hhl\}$
Rhombisches Prisma	$a : b : \infty c$	∞P	$\{110\}$
Basisches Pinakoid	$a : b : 0c$	$0P$	$\{001\}$
Makrodiagonale Doppelpyramiden	$a : nb : mc$	$m\bar{P}n$	$\{khl\}$ $k > h$
Makroprismen	$a : nb : \infty c$	$\infty\bar{P}n$	$\{kho\}$
Makrodomen	$a : \infty b : mc$	$m\bar{P}\infty$	$\{hol\}$
Makropinakoid	$a : \infty b : \infty c$	$\infty\bar{P}\infty$	$\{100\}$
Brachydiagonale Doppelpyramiden	$na : b : mc$	$m\breve{P}n$	$\{hkl\}$ $k > h$
Brachyprismen	$na : b : \infty c$	$\infty\breve{P}n$	$\{hko\}$
Brachydomen	$\infty a : b : mc$	$m\breve{P}\infty$	$\{ohl\}$
Brachypinakoid	$\infty a : b : \infty c$	$\infty\breve{P}\infty$	$\{010\}$

Beispiele: Schwefel (S. 67), Auripigment (S. 84), Wismutglanz (S. 84), Antimonglanz (S. 84), Markasit (S. 80), Kupferglanz (S. 77), Brookit (S. 94), Cotunnit (S. 98), Aragonit (S. 101), Witherit (S. 102), Strontianit (S. 102), Cerussit (S. 102), Kalisalpeter (S. 103), Anhydrit (S. 105), Baryt (S. 105), Cölestin (S. 106), Anglesit (S. 106), Olivin (S. 122), Enstatit (S. 123), Bronzit (S. 123), Hypersthen (S. 123), Staurolith (S. 127), Andalusit (S. 127), Topas (S. 128), (vergl. auch S. 34).

26. Hemiedrie nach einer Symmetrieebene (Pyramidale Klasse). Nur die auf der einen Seite der (horizontal gestellten) Symmetrieebene gelegenen Flächen kommen zur Entwicklung. Die holoedrischen Doppelpyramiden gehen in einfache Pyramiden über:

$$\frac{mP}{2} \text{ oben und } \frac{mP}{2} \text{ unten } (\{hhl\} \text{ und } \{hh\bar{l}\});$$

$$\frac{m\bar{P}n}{2} \text{ oben und } \frac{m\bar{P}n}{2} \text{ unten } (\{khl\} \text{ und } \{kh\bar{l}\});$$

$$\frac{m\breve{P}n}{2} \text{ oben und } \frac{m\breve{P}n}{2} \text{ unten } (\{hkl\} \text{ und } \{hk\bar{l}\}).$$

Die Domen treten nur mit je zwei Flächen, das basische Pinakoid tritt nur mit einer Fläche auf:

$$\frac{m\bar{P}\infty}{2} \text{ oben und } \frac{m\bar{P}\infty}{2} \text{ unten } (\{hol\} \text{ und } \{ho\bar{l}\});$$

$$\frac{m\breve{P}\infty}{2} \text{ oben und } \frac{m\breve{P}\infty}{2} \text{ unten } (\{ohl\} \text{ und } \{oh\bar{l}\});$$

$$\frac{0P}{2} \text{ oben und } \frac{0P}{2} \text{ unten } (\{001\} \text{ und } \{00\bar{1}\}).$$

Sämtliche Prismen sowie die beiden anderen Pinakoide erscheinen vollflächig. Die Krystalle besitzen eine zweizählige Symmetrieachse, in der sich zwei senkrecht zu einander stehende Symmetrieebenen schneiden.

Beispiele: Struvit (S. 110, Fig. 123), Kieselzinkerz (S. 115, Fig. 125).

27. Sphenoidische Hemiedrie (Bisphenoidische Klasse). Die in abwechselnden Oktanten gelegenen Flächen gelangen zur Entwicklung. Aus jeder

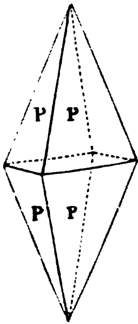


Fig. 366.

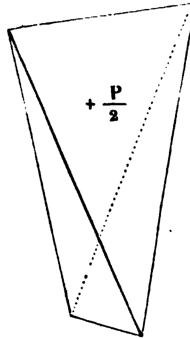


Fig. 367.

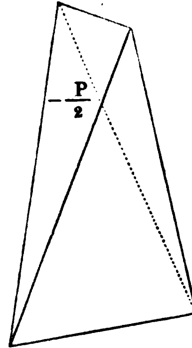


Fig. 368.

Pyramide (Fig. 366) entstehen zwei von vier ungleichseitigen Dreiecken begrenzte rhombische Sphenoide (Fig. 367 und 368), die als rechtes und linkes bezeichnet werden.

$$\frac{mP}{2}r \text{ und } \frac{mP}{2}l \; (\{hhl\} \text{ und } \{h\bar{h}l\})$$

$$\frac{m\bar{P}n}{2}r \text{ und } \frac{m\bar{P}n}{2}l \; (\{khl\} \text{ und } \{k\bar{h}l\})$$

$$\frac{m\breve{P}n}{2}r \text{ und } \frac{m\breve{P}n}{2}l \; (\{hkl\} \text{ und } \{h\bar{k}l\}).$$

Die übrigen Holoeder werden nicht verändert. Zwei sonst gleiche Krystalle, an deren einem ein linkes und an deren anderem ein rechtes Sphenoid auf-

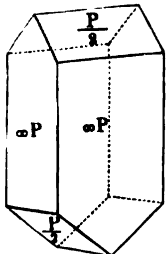


Fig. 369.

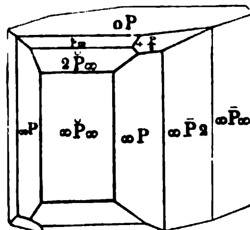


Fig. 370.

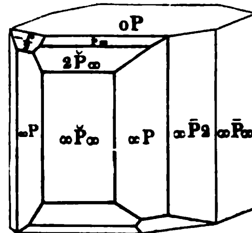


Fig. 371.

tritt, sind enantiomorph. Sie besitzen drei zu einander senkrechte zweizählige Symmetrieachsen.

Beispiele: Die eine Gruppe der sog. Vitriole, der Zinkvitriol (S. 107) und das Bittersalz (Fig. 369 a. v. S.), zeigen diese Hemiedrie. Hierher gehören auch die Krystalle des Natrium-Ammoniumsalzes der Rechts- und Linksweinsäure (Fig. 370 u. 371), welche in der Entwicklung der stereochemischen Ansichten eine so wichtige Rolle gespielt haben (s. Chemie, S. 543 ff.).

V. Monosymmetrisches (klinorhombisches oder monoklines) System.

28. Holoedrie (Prismatische Klasse). Über die Ableitung der Formen s. S. 31 ff., über die Symmetrieelemente S. 608.

Hemipyramiden der Grundreihe	$a : b : mc$	$+mP$	$\{hh\bar{l}\}$	
		$-mP$	$\{hhl\}$	
Monoklines Prisma	$a : b : \infty c$	∞P	$\{110\}$	
Basisches Pinakoid	$a : b : 0c$	$0P$	$\{001\}$	
Orthodiagonale Hemipyramiden	$a : nb : mc$	$+mP̄n$	$\{kh\bar{l}\}$	$k > h$
		$-mP̄n$	$\{khl\}$	
Orthoprismen	$a : nb : \infty c$	$\infty P̄n$	$\{kho\}$	
Orthodomen	$a : \infty b : mc$	$+mP̄\infty$	$\{ho\bar{l}\}$	
		$-mP̄\infty$	$\{hol\}$	
Orthopinakoid	$a : \infty b : \infty c$	$\infty P̄\infty$	$\{100\}$	
Klinodiagonale Hemipyramiden	$na : b : mc$	$+mP̀n$	$\{hk\bar{l}\}$	
		$-mP̀n$	$\{hkl\}$	
Klinoprismen	$na : b : \infty c$	$\infty P̀n$	$\{hko\}$	
Klinodomen	$\infty a : b : mc$	$mP̀\infty$	$\{ohl\}$	
Klinopinakoid	$\infty a : b : \infty c$	$\infty P̀n$	$\{010\}$	

Beispiele: Selen (S. 68), Realgar (S. 84), Soda (S. 102), Gips (S. 104), Eisenvitriol (S. 107), Borax (S. 108), Orthoklas (S. 116), Glimmer (S. 120), Augit (S. 124), Hornblende (S. 124).

29. Hemiedrie nach der Symmetrieebene (Sphenoidische Klasse). Nur die auf einer Seite der Symmetrieebene gelegenen Flächen der Holoedrie kommen zur Ausbildung, von den vier Flächen einer Hemipyramide mithin nur zwei, die sich in einer Kante schneiden. So erhält man aus der positiven Hemipyramide $+mP$ die beiden Tetartopyramiden $+\frac{mP}{2}r$ und $+\frac{mP}{2}$ ($\{hk\bar{l}\}$ und $\{h\bar{k}\bar{l}\}$). Tritt an dem einen von zwei sonst gleichen Krystallen die eine, an dem anderen die andere Tetartopyramide auf, so sind die beiden Krystalle enantiomorph. Die Krystalle besitzen eine zweizählige polare Symmetrieachse. Da diese Hemiedrie an Mineralien nicht beobachtet worden ist, so soll auf die einzelnen Formen nicht näher eingegangen werden. Dasselbe gilt von der folgenden, deren Vorkommen am Skolezit zweifelhaft ist.

30. Hemiedrie nach der Symmetrieachse (Domatische Klasse). Von den zu einer Hemipyramide gehörenden vier Flächen entwickeln sich nur

je zwei links und rechts von der Symmetrieebene gelegene, dagegen nicht ihre Parallelflächen. Auch hier entstehen demnach Tetartopyramiden, die man aber als vordere und hintere unterscheiden muß, z. B.:

$$+\frac{mP}{2}v \text{ und } +\frac{mP}{2}h \; (\{hh\bar{l}\} \text{ und } \{\bar{h}\bar{h}l\})$$

$$-\frac{mP}{2}v \text{ und } -\frac{mP}{2}h \; (\{hhl\} \text{ und } \{\bar{h}\bar{h}\bar{l}\})$$

VI. Asymmetrisches (triklines) System.

31. Holoedrie (Pinakoidale Klasse). Die Krystalle besitzen als Symmetrieelemente eine zweizählige Achse und eine dazu senkrechte Ebene der zusammengesetzten Symmetrie, als welche man eine jede beliebige Krystallfläche ansehen kann. Dreht man den Krystall um die Achse um 180°, so kommt er nicht mit einem in unveränderter Lage verharrend gedachten zur Deckung, sondern mit dessen Spiegelbild in einer der Symmetrieebene parallelen Spiegelebene (s. S. 605). Da dies nur möglich ist, wenn zu jeder Krystallfläche an dem Krystall eine ihr parallele vorhanden ist, so bestehen diese Krystalle aus lauter Flächenpaaren. Drei einander nicht parallele Flächen wählt man zu Koordinatenebenen, ihre Durchschnittslinien, die also drei Krystallkanten entsprechen, zu Koordinatenachsen und stellt von diesen die eine vertikal, die andere parallel der Gesichtsebene, während die dritte von hinten nach vorn geneigt ist. Man wählt dann eine Krystallfläche so, daß sie alle drei Achsen schneidet, und bildet aus ihr, ihrer Parallelfläche und den drei Paar in den anderen Oktanten gelegenen Flächen, die dasselbe Parameterverhältnis besitzen, eine Grundform, deren vier Flächenpaare aber ganz unabhängig voneinander auftreten können. Sie setzt sich mithin aus vier Tetartopyramiden zusammen, welche die Zeichen P' $\{111\}$, $'P$ $\{1\bar{1}1\}$, $P,$ $\{11\bar{1}\}$ und $,P$ $\{\bar{1}1\bar{1}\}$ erhalten. Die gesamte Grundform wird demnach durch $'P'_{,}$ bezeichnet und stellt die Gesamtheit aller Flächen mit dem Parameterverhältnis $a:b:c$ dar. Dabei sind die Achsen so gewählt, daß b auf der der Gesichtsebene parallelen Makroachse, a auf der von hinten nach vorn geneigten Brachyachse liegt. Die Ableitung der einzelnen Formen erfolgt ähnlich wie im rhombischen System, immer jedoch mit Rücksicht darauf, daß jede Pyramide in vier Tetartopyramiden und jedes Prisma und Doma in zwei Hemiprismen oder Hemidomen zerfällt.

Tetartopyramiden der Grundreihe	$a:$	$b:mc$	mP'	$\{hhl\}$
			$m'P$	$\{h\bar{h}l\}$
			$mP,$	$\{hh\bar{l}\}$
			m,P	$\{h\bar{h}\bar{l}\}$
Hemiprismen der Grundreihe	$a:$	$b:\infty c$	$\infty P'_{,}$	$\{110\}$
			$\infty'_{,}P$	$\{1\bar{1}0\}$
Basisches Pinakoid	$a:$	$b:0c$	$0P$	$\{001\}$

Makrodiagonale Tetartopyramiden	$a : nb : mc$	$m\bar{P}'n$	$\{kh l\}$
		$m'\bar{P}n$	$\{k\bar{h}l\}$
		$m\bar{P},n$	$\{kh\bar{l}\}$
		$m,\bar{P}n$	$\{k\bar{h}\bar{l}\}$
Makrodiagonale Hemiprismen	$a : nb : \infty c$	$\infty\bar{P}'n$	$\{kho\}$
		$\infty'\bar{P}n$	$\{k\bar{h}o\}$
Makrodiagonale Hemidomen	$a : \infty b : mc$	$m'\bar{P}'\infty$	$\{hol\}$
		$m,\bar{P},\infty$	$\{ho\bar{l}\}$
Makropinakoid	$a : \infty b : \infty c$	$\infty\bar{P}\infty$	$\{100\}$
Brachydiagonale Tetartopyramiden	$na : b : mc$	$m\breve{P}'n$	$\{hkl\}$
		$m'\breve{P}n$	$\{h\bar{k}l\}$
		$m\breve{P},n$	$\{hk\bar{l}\}$
		$m,\breve{P}n$	$\{h\bar{k}\bar{l}\}$
Brachydiagonale Hemiprismen	$na : b : \infty c$	$\infty\breve{P}'n$	$\{hko\}$
		$\infty'\breve{P}n$	$\{h\bar{k}o\}$
Brachydiagonale Hemidomen	$\infty a : b : mc$	$m,\breve{P}'\infty$	$\{ohl\}$
		$m'\breve{P},\infty$	$\{o\bar{h}l\}$
Brachypinakoid	$\infty a : b : \infty c$	$\infty\breve{P}\infty$	$\{010\}$

Beispiele: Sassolin (S. 94), Kupfervitriol (S. 107), Disthen (S. 127), Albit (S. 117), Anorthit (S. 116).

32. **Hemiedrie** (Asymmetrische Klasse). Es ist gar kein Symmetrieelement vorhanden; jede Krystallfläche bildet demnach eine vollständige Form. Mineralien, die diese Formen zeigen, sind nicht bekannt.

B. Verzeichnis der kosmischen Mineralien.

(Vergl. S. 129.)

(Mineralien, die aus dem Weltraume stammen.)

Man kann die kosmischen Mineralien wie folgt einteilen:

I. Meteoreisen. Siderite.

Hierher gehören die Holosideren. Sie bestehen hauptsächlich aus Nickeleisen, dem häufig Phosphornickeleisen (Schreibersit) und Schwefeleisen (Troilit), sowie Graphit beigemengt sind. Auch schließen sie fast immer Gase (Wasserstoff, Kohlendioxyd, Kohlenwasserstoffe) ein. In den weitaus meisten Fällen sind sie aus verschiedenen Eisennickellegierungen zusammengesetzt, die in feinen Schalen nach den Flächen eines regulären Oktaeders angeordnet sind und sich bei der Oxydation verschieden verhalten. Beim Erhitzen der polierten Fläche oder beim Anätzen mit verdünnter Salpetersäure treten daher die Widman-

stättenschen Figuren (Fig. 96, S. 70) auf, deren Entstehung durch das am leichtesten oxydierbare, in Form von bis 3 cm breiten und $^1/_8$ m langen Balken auftretende Balkeneisen (Kamacit) und das die Balken dicht umsäumende Bandeisen (Tainit) bedingt wird. Die Lücken zwischen beiden werden durch das Fülleisen (Plessit) ausgefüllt. Meteoreisen, welches nur aus einer Eisennickellegierung besteht (fast immer ist dies der Kamacit) zeigt die Widmanstättenschen Figuren nicht. Wegen seiner deutlichen Spaltbarkeit nach den Würfelflächen stellt man es als hexaedrisches dem zuvor erwähnten oktaedrischen Eisen gegenüber. Zu dem hexaedrischen Eisen gehört das durch seinen enorm hohen Nickelgehalt ausgezeichnete Eisen von Octibehha, welches aus etwa 60 Prozent Nickel und 40 Prozent Eisen besteht und dessen Zusammensetzung nahezu der Formel Fe_2Ni_3 entspricht. Im einzelnen ist die chemische Zusammensetzung der Holosiderite sehr schwankend, wie aus folgenden Analysen hervorgeht, bei deren Berechnung der Gehalt an Schreibersit, Troilit und anderen Beimengungen in Abzug gebracht wurde. Die Analysen a bis d beziehen sich auf verschiedene derselben Platte entnommene Stücke Meteoreisen von

	Glorieta Mountain			Cañon Diablo				Babbs Mill		Xiquipilco	
	a	b	c	a	b	c	d	a	b	a	b
Fe	88,43	89,64	90,05	97,11	94,94	98,83	92,89	81,20	85,84	91,77	91,11
Ni	10,90	9,60	9,37	2,89	5,06	1,17	7,11	17,54	12,52	7,50	7,94
Co	0,67	0,76	0,58	—	—	—	—	1,26	1,64	0,73	0,95

II. Siderolite. Syssideren, Sporasideren.

(Aus Meteoreisen und Silikaten bestehend.)

Eine scharfe Grenze zwischen dieser Gruppe, der vorigen und der nachfolgenden läßt sich nicht ziehen. Sie bildet das Übergangsglied. So wird man die Meteoriten von Ställdalen (28. Juni 1876), von Heßle, Blansko, Ovinio, die man auch Heßleïte genannt hat, hierher rechnen können. Der Meteorit von Ställdalen enthält:

Magnetkies	5,44	Proz.
Nickeleisen	19,42	„
lösliche Silikate	33,46	„
unlösliche Silikate	40,69	„
Chromeisen	0,59	„

Ebenso unterscheidet man Pallasit, ein Meteoreisen mit angewachsenen krystallisierten Silikaten (Olivin, Augit, Bronzit) und Mesosiderit, ein körniges Gemenge von Meteoreisen, Olivin und Augit. Hierher gehören das Pallaseisen, der Meteorit von Reichenbach (Erzgebirge) und der von Taney County (Missouri U. St.), dessen Fall beobachtet wurde. Dahin ist auch der Meteorit von Perm zu zählen, der am 30. August 1887 niederfiel; aus Olivin, Enstatit, nickelhaltigem Eisen und Magnetkies bestehend zeigt er chondritische (Körner-) Struktur.

III. Silikate. Aerolithische Meteorsteine, Asideren.
(Ohne Eisen.)

Sie bestehen fast ausschließlich aus Silikaten, enthalten aber als Nebenbestandteile auch Schwefeleisen, Schwefelcalcium, Chromeisenerz. Die Silikate sind Olivin, Anorthit und die Glieder der Augitgruppe: Enstatit, Bronzit, Diopsid, Augit. Die einzelnen Meteorsteine enthalten ganz verschiedene Mengen dieser Silikate, besitzen eine schwarze Schmelzrinde (vergl. Fig. 94, S. 69) und eine eigentümlich grauweißliche und grünlich schwarze Farbe. Auch sie schließen Gase ein. Man hat diesen Gemischen von Silikaten zumeist nach den Fundorten der Meteorite besondere Namen gegeben. Die Hauptrepräsentanten sind:

Chassignit (Olivin)[1]); Shalkit (Olivin und Bronzit), hierher der Meteorit von Roda (Spanien); Chladnit (Enstatit), hierher der Meteorstein von Ibbenbühren; Bustit von Busti (Ostindien) (Enstatit und Diopsid); Eukrit (Augit und Anorthit), hierher der Meteorstein von Sherghotty (Ostindien); Howardit (Olivin, Augit, Anorthit), hierher der Meteorit von Mässing. Die Chondrite (Meteorite mit körnigen Absonderungen) sind sehr häufig; sie finden sich in allen drei Gruppen.

(Bemerkenswert sind: Fall von Mocs 1882, Danville, Alabama u. a. m.)

Der Meteorstein von Tieschitz in Mähren enthielt:

Olivin	38,79
Bronzit u. Enstatit .	33,84
Augit	14,01
Magnetkies	4,08
Nickeleisen	9,28

Von den Elementen finden sich die folgenden als häufigste Bestandteile der Meteorite:

Eisen,	Schwefel,	Magnesium,
Nickel,	Kohlenstoff,	Calcium,
Phosphor,	Sauerstoff,	Aluminium.
	Silicium,	

Seltener sind:

Wasserstoff,	Kalium,	Kobalt,
Stickstoff,	Strontium,	Arsen,
Chlor,	Titan,	Antimon,
Lithium,	Chrom,	Zinn,
Natrium,	Mangan,	Kupfer.

Eine Gruppirung der kosmischen Mineralien nach ihrem Vorkommen oder Nichtvorkommen auf der Erde mag noch in folgender Übersicht gegeben sein:

[1]) Die eingeklammerten Mineralnamen (z. B. Olivin beim Meteorstein von Chassigny) bezeichnen den Hauptbestandteil der betreffenden vorher genannten Meteorsteine.

Kosmische Mineralien, die bis jetzt nicht auf der Erde gefunden sind:

Cliftonit, kubischer, graphitischer Kohlenstoff.
Legierungen von Eisen, Nickel, Phosphor (Schreibersit).
Troilit, FeS.
Oldhamit, CaS.
Osbornit, Oxysulfid von Calcium und Titan oder Zirkon.
Daubréelith, Sulfid von Eisen und Chrom.
Lawrencit, $FeCl_2$.
Cohenit, Carbid von Eisen und Nickel.
Asmanit, SiO_2 als Tridymit.
Maskelynit, ähnlich wie Labrador zusammengesetzt, aber einfach brechend.

Kosmische Mineralien, die mit den terrestrischen übereinstimmen:

Olivin.
Enstatit und Bronzit.
Diopsid und Augit.
Anorthit und Labradorit.
Magnetit und Chromit (Magnet-, Chromeisenstein).
Pyrit.
Pyrrhotit.
Breunnerit, isomorphe Mischung von Magnesit ($MgCO_3$) und Eisenspat ($FeCO_3$), z. B. Mesitinspat, $2MgCO_3 + FeCO_3$, der in Rhomboedern krystallisiert sich in Traversella findet (s. S. 101).

Schlußfolgerung.

Die Elemente, aus denen die Meteorite bestehen, sind dieselben, aus denen sich unsere Erde zusammensetzt; daß dabei auch andere Mineralien vorkommen, ist nicht auffallend, wenn man bedenkt, daß sicher auch auf unserer Erde noch nicht entdeckte Mineralien vorhanden sind und daß sich bei den vulkanischen und hüttenmännischen Prozessen die Bildung neuer, sonst noch nicht aufgefundener Mineralkörper beobachten läßt.

Man hat auch den Meteorsteinen eine besondere Rolle für die organische Welt zugeschrieben; sie sollten die Träger der organischen Keime aus anderen Welten sein, aus denen sich auf unserer Erde die ersten Organismen gebildet hätten. Abgesehen davon, daß so die uns unerklärte Entstehung der Organismen nur auf einen anderen Ort verschoben würde, und diese Erklärung, der namhafte Gelehrte anhängen, keinen Aufschluß über den Werdeprozeß der organischen Wesen giebt, ist die Annahme schon deshalb eine irrige, weil die Meteorite beim Eindringen in die Erdatmosphäre eine so hohe Temperatur annehmen, daß die Keime der Organismen, die sich etwa auf ihnen befinden, zerstört werden müßten.

Daß die früheren Erklärungen für die Entstehung der Meteorite, nach welchen sie als Auswürflinge der Mondvulkane angesehen, oder als Zusammenballungen atmosphärischen Staubes dargestellt wurden, unrichtig sind, wissen wir; das Wahrscheinlichste ist, daß sie aus Bruchstücken der Sternschnuppen oder kleiner Planeten bestehen, die vielleicht früher einen größeren Himmelskörper bildeten.

In dem Teile Astronomie werden die kosmischen Verhältnisse der Meteoriten näher erörtert werden. Das eine ist sicher, daß sie aus dem Weltall stammen. Sie geben uns den direkten Beweis von der Einheit des Stoffes

im Weltall, wie auch die Spektralanalyse gezeigt hat, daß auf den fernsten Fixsternen und Nebeln dieselben Elemente vorhanden sind, wie in der Sonne und auf der Erde; auch hat die Physik dargethan, daß die Gesetze der Schwerkraft und allgemeinen Anziehung (Attraktion) den Fall eines Steines in derselben Weise wie die Bahnen eines unsichtbaren Körpers oder die Bewegung der Sonnen um einander regeln.

Der erste direkt beobachtete Steinfall fand am 16. November 1492 in Ensisheim (Elsaß) statt. Ein Stück des Meteoriten wurde als ein Wunder in der Pfarrkirche aufgehängt; aber erst der Fall bei L'Aigle (Orne-Dep.), Dienstag, 26. April 1803, konnte wissenschaftlich genau beobachtet werden, und seit dieser Zeit werden möglichst alle Fälle registriert und Mineralmassen, die den Meteoriten ähneln, darauf untersucht, ob sie sich auf Stein- oder Eisenfälle zurückführen lassen. Schon öfters haben sich Irrtümer ergeben, verschiedene als Meteorite in Anspruch genommene Minerale erwiesen sich als Pseudometeorite (falsche Meteorite, so der Meteorit von Braunfels, Eisenberg 2c.), und einige Eisenmassen, die als meteorisch angesehen waren, stellten sich als terrestrischen Ursprungs heraus, so namentlich die grönländischen Meteoreisen (Ovifak, Niakornak, Upernavik in Westgrönland).

Die großen Sammlungen der Meteorite in Berlin, Wien, Paris und London (British Museum), die zugleich auch Nachbildungen bekannter und berühmter Meteorsteine enthalten, geben Gelegenheit, die einzigen Bruchstücke anderer Welten in dem Weltall, welche vielleicht Regionen, viel Sonnenweiten entfernt, entstammen, zu beobachten und kennen zu lernen.

C. Nomenklatur.

Systematische Zusammenstellung der Mineralien und Erklärung der Mineralnamen.

a) Vorbemerkung zur Erklärung der Mineralnamen.

Bei der Betrachtung der einzelnen Mineralien wird dem Leser die Fülle und eigentümliche Bildung der Namen sowie die Mannigfaltigkeit der Bezeichnung aufgefallen sein. Es macht sich daher das Bedürfnis nach einer Erklärung der Namen der Mineralien, wenigstens derjenigen der häufiger vorkommenden, besonders geltend. Da im Texte eine konsequente Durchführung störend gewirkt hätte, so mag hier eine Übersicht, die zugleich einen Überblick über das in dem Buche benutzte System des Mineralreichs giebt, in der Seite 64 beschriebenen, jedoch wesentlich gekürzten Form folgen. Die in der allgemeinen Mineralogie und in der Krystallographie gebräuchlichen Fachausdrücke sind nicht mit aufgenommen, sondern nur die Mineralnamen. Eine kurze Betrachtung der Prinzipien der Nomenklatur ist vorangestellt, ebenso das vollständige griechische Alphabet.

b) Allgemeine Prinzipien der Nomenklatur.

Da ein allgemein angenommenes System in der Mineralogie nicht vorhanden ist, so fehlt auch eine streng systematische Benennung der Mineralien wie sie bei den Tieren und Pflanzen gemäß den Kategorieen des Systems (Art, Gattung, Familie, Ordnung, Klasse) konsequent durchgeführt ist. Das Hauptmerkmal der Mineralien, ihre chemische Zusammensetzung, welche zumeist die Grundlage für die Systeme der Mineralogie gebildet hat, konnte zu einer Benennung der Mineralien nicht verwendet werden, weil für diese noch eine große Anzahl anderer Eigenschaften charakteristisch sind. Außerdem mußten gerade bei den Mineralien Namen für die zahlreichen Varietäten gebildet werden. So ist es denn gekommen, daß die Namen ganz willkürlich gewählt sind, und daß in keiner Wissenschaft die Nomenklatur so bunt zusammengesetzt ist, wie in der Mineralogie. Manche alt hergebrachte Namen, in denen zum Teil Eigenschaften zum Ausdruck gelangen, die die Aufmerksamkeit des Berg- und Hüttenmannes erregten, sind beibehalten worden (z. B. Feldspat, Flußspat). Für die Benennung der meisten Mineralien sind indes andere Gesichtspunkte maßgebend gewesen, wie aus der folgenden Übersicht hervorgeht, derzufolge man unterscheiden kann:

1. **Mineralnamen nach Eigennamen bestimmter Personen**, die durch Entdeckung, Beschreibung oder Analyse des Minerals zu diesem in näherer Beziehung stehen, oder denen — was häufiger der Fall ist — durch die Benennung eine besondere Ehrung zu Teil werden sollte. Dabei hat nicht selten eine Umgestaltung oder Kürzung des Namens stattgefunden. Als Beispiele derartiger Mineralnamen mögen dienen: Scheelit, Humboldtin, Berzeliit, Goethit, Breithauptit, Cordierit, Hausmannit, Brucit, Nosean, Karstenit. Nicht selten sind von demselben Eigennamen zwei oder mehr Mineralnamen abgeleitet, wie es z. B. außer dem Humboldtin noch einen Humboldtilith giebt, außer dem Berzeliit einen Berzelianit.

2. **Mineralnamen nach Personen der verschiedenen Mythologieen**, z. B. Thorit, Vanadinit, Pollux, Castor, Titanit, Geokronit (von γεῶν = geōn, Erde, und Κρόνος, Kronos).

3. **Mineralnamen nach der geographischen Herkunft.** Hier kommen in erster Linie die Fundorte der Mineralien zur Verwendung, dann aber auch Länder, Flüsse, Gebirge u. s. w. Die Fundorte sind häufig geographisch so unbedeutend, daß ihre Namen selbst in größeren Handbüchern der Geographie nicht enthalten sind. In anderen Fällen sind die Namen, oft bis zur Unkenntlichkeit, verstümmelt. Als Beispiele mögen dienen: Adular, Hartit (nach Oberhart bei Gloggnitz in Österreich), Bastit (Baste am Harz), Mendipit (Mendip-Hills bei Churchill in Somersetshire), Varvicit (Warwick), Strontianit (Strontian in Schottland), Gymnit (γυμνός = gymnós, nackt, kahl; Fundort die bare hills, kahlen Berge, in England), Uralit. — Die Meteorsteine sind fast immer nach diesem Prinzip benannt: Chassignit, Heßleït.

4. **Mineralnamen nach einem Naturkörper**, von dem die Mineralien

abstammen (chrematische Nativität), oder mit dem sie Ähnlichkeit haben. Dieses Prinzip ist nur selten zur Namengebung verwendet worden, z. B. bei Lignit, Katzenauge, Tigerauge, Ichthyophthalm, Kreuzstein (Harmotom), Chiastolith, Kryolith. Dabei ist die Ähnlichkeit häufig nur sehr gering.

5. Mineralnamen, in denen bestimmte Eigenschaften der Mineralien zum Ausdruck kommen. Dieses Prinzip, welches man als das natürliche bezeichnen kann, ist außerordentlich häufig angewandt, und es werden die verschiedensten Eigenschaften benutzt: Struktur (z. B. Sphärosiderit, Fasergips, Eisenglimmer), Spaltbarkeit (z. B. Orthoklas, Anorthit Plagioklase), Farbe (z. B. Albit, Kupferlasur, Chlorit, Cölestin, Hämatit), Durchsichtigkeit (z. B. Diopsid), chemische Zusammensetzung (z. B. Calcit, Boronatrocalcit, Galenit, Chalkopyrit), Verhalten beim Erhitzen (Zeolithe, Skolezit) u. s. w.

c) Einiges aus der griechischen Sprache.

Aus dieser kurzen Übersicht ergiebt sich, daß die verschiedensten Worte und mithin auch die verschiedensten Sprachen zu Grunde gelegt sind. Wenn man von den Fällen absieht, in denen die Mineralien nach Eigennamen benannt sind, ist am häufigsten das Griechische in Anwendung gekommen, und deshalb sollen für diese Sprache einige Anhaltspunkte gegeben werden[1]).

Griechisches Alphabet.

Es besteht aus folgenden 24 Buchstaben:

Große Buchstaben	Kleine Buchstaben	Name	Aussprache	Schreibweise im Deutschen in aus dem Griechischen genommenen Wörtern
A	*α*	álpha	ă̄ [2])	a
B	*β*	béta	b	b
Γ	*γ*	gámma	g	g
Δ	*δ*	délta	d	d
E	*ε*	é psīlón (kurzes e)	ĕ	e
Z	*ζ*	zéta	z (ds)	z
H	*η*	éta (langes e)	ē	e
Θ	*ϑ*	théta	th	th
I	*ι*	ĭ̄óta	ĭ̄	i

1) Vgl. auch S. 264 u. f. Ausführliches findet sich in B. Schwalbe, Griechisches Elementarbuch. Grundzüge des Griechischen zur Einführung in das Verständnis der aus dem Griechischen stammenden Fremdwörter. Berlin 1887. Georg Reimer.

2) ‒ bedeutet lange, ˘ kurze Aussprache, ′ die Betonung; bei a, i, y dienen (im Gegensatz zu e und o) die gleichen Schriftzeichen *α*, *ι*, *υ* zur Bezeichnung sowohl des kurzen als des gedehnten Vokals, jene sind deshalb oben mit ˘̄ bezeichnet.

Große Buchstaben	Kleine Buchstaben	Name	Aussprache	Schreibweise im Deutschen in aus dem Griechischen genommenen Wörtern
K	*κ*	káppa	k	k oder c
Λ	*λ*	lámbda	l	l
M	*μ*	my	m	m
N	*ν*	ny	n	n
Ξ	*ξ*	xi	x	x (ks)
O	*o*	ó mĭkrón (kleines, d. h. kurzes o)	ŏ	o
Π	*π*	pi	p	p
P	*ϱ*	rho	r	rh, r
Σ	σ (i. An- od. Inlaut) ς (im Auslaut)	sígma	s	s
T	*τ*	tau	t	t
Y	*υ*	ý psīlón	ў̆	y
Φ	*φ*	phi (fi)	f	ph
X	*χ*	chi	ch	ch (k)
Ψ	*ψ*	psi	ps	ps
Ω	*ω*	ó méga (großes, langes o)	ō	o

Zahlwörter, welche für die mineralogische Nomenklatur in Betracht kommen:

	Kardinalzahlen	Ordinalzahlen
1	*εἷς μία ἕν* (heís mía hĕn)	*πρῶτος* (prótŏs)
2	*δύο* (dýo)	*δεύτερος* (deúteros)
3	*τρεῖς τρία* (treís tría)	*τρίτος* (trítos)
4	*τέσσαρες* (*τέτταρες*), *τέσσαρα* (tĕ́ssares [tĕ́ttares], tĕ́ssara)	*τέταρτος* (tĕ́tartos)
5	*πέντε* (pĕ́nte)	*πέμπτος* (pĕ́mptos)
6	*ἕξ* (hĕx)	*ἕκτος* (hĕ́ktos)
7	*ἑπτά* (heptá)	*ἕβδομος* (hĕ́bdomos)
8	*ὀκτώ* (oktṓ)	*ὄγδοος* (ŏ́gdoos)
9	*ἐννέα* (ennĕ́a)	*ἔνατος* (*ἔνατος*) (ĕ́nnatos [ĕ́natos])
10	*δέκα* (dĕ́ka)	*δέκατος* (dĕ́katos)
11	*ἕνδεκα* (hĕ́ndeka)	*ἑνδέκατος* (hendĕ́katos)
12	*δώδεκα* (dṓdeka)	*δωδέκατος* (dōdĕ́katos)
20	*εἴκοσι* (eíkŏsi)	*εἰκοστός* (eikostós)

Von Zahladverbien seien die folgenden genannt: *δίς* (dis), zweimal, *τρίς* (tris), dreimal, *τετράκις* (tĕtrákis), viermal.

Zahlsubstantiven sind: *μονάς, μονάδος,* (mŏnas, -dŏs) Einheit; *δυάς,* (dyás) Zweiheit; *τριάς,* (triás) Dreiheit (Gruppe drei).

Bruchzahlen werden gewöhnlich durch das Wort *μέρος* (mĕ́ros), Teil, ausgedrückt: *τὸ τρίτον μέρος* (tŏ́ trĭ́ton mĕ́ros) = $^1/_3$. Für einhalb

wird (stets nur in Zusammensetzung mit anderen Worten) ἡμι (hēmĭ) gebraucht.

Werden Kardinalzahlen mit anderen Worten verbunden, so gebraucht man für die Einheit μόνο (mŏno), für 2 = δι (di), für 3 = τρι (tri), für 4 = τετρα (tetra).

Die griechischen Präpositionen sind:

ἀμφί (amphí) um	κατά (katá) herab, gemäß, wegen
ἀνά (aná) auf, in, hinauf	μετά (mĕtá) mit
ἀντί (antí) gegen, statt	παρά (pará) von, zu, neben, bei
ἀπό (apŏ́) von (im örtlichen wie im zeitlichen Sinn)	περί (pĕrí) rücksichtlich, über, wegen, um
διά (diá) durch, hindurch, wegen	πρό (prŏ́) vor, für
εἰς (eis) in	πρός (prŏ́s) von seiten, außer, zu, wegen
ἐν (en) in, hinein	σύν (syn) mit
ἐξ [ἐκ] (ex [ek]) aus	ὑπέρ (hypĕ́r) über, für
ἐπί (ĕpí) auf, gegen, nach	ὑπό (hypŏ́) unter, hin, von.

Die Ableitung eines Mineralnamens geschieht nun mittels einer charakteristischen Endung, als welche vorzüglich die Silben —it (franz. und engl. —ite) und —lith benutzt werden. Die erstere ist aus dem (auch im Lateinischen vorhandenen) Suffixum —ιτης (ītēs), femin. —ιτις (ītis) nach Wegfall des Nominativzeichens ς und des Stammvokals η entstanden. Die mittels dieses Suffixes abgeleiteten Adjektiva haben die Bedeutung: mit etwas versehen, oder zu etwas gehörig. Die zweite Endsilbe ist aus dem Substantiv ὁ λίθος (líthŏs), der Stein, gebildet worden. Seltener wird die Endsilbe —in (franz. und engl. —ine) angewendet. Sie rührt entweder vom griechischen Suffix —ῐνος (lat. —ĭnus, mit kurzem i) her und findet sich namentlich bei Stoffadjektiven, denen sie die Bedeutung „aus etwas bestehend" verleiht, oder von dem lateinischen Suffix —īnus (mit langem ī), die den damit abgeleiteten Worten die Bedeutung „von etwas herkommend" erteilt. Noch seltener findet die Endung —an (franz. und engl. —ane), vom lateinischen —anus herstammend Verwendung.

d) Übersicht über die Mineralien.

In der nachfolgenden Übersicht sind zunächst die Namen der einzelnen Mineralien aufgeführt, darunter stehen (in kleinerem Druck) die etwaigen Synonyma. Die Zahlen hinter dem Namen geben die Seite an, auf der genauere Angaben über das Mineral sich finden. Dann kommt die Krystallform des Minerals, seine chemische Zusammensetzung[1]) und endlich, wo es erforderlich und möglich erscheint, die Ableitung seines Namens (bei den Synonymen ist letztere dem Namen unmittelbar angeschlossen).

[1]) In der Zusammenstellung sind vielfach neben die früheren Formeln solche gestellt, welche die gegenwärtigen Ansichten über den Aufbau der Molekel zum Ausdruck bringen.

1. Klasse: Elemente.

1. Gruppe: Nichtmetalle, Metalloide.

a) Familie des Schwefels.

Schwefel (S. 67)	Rhombisch	S	

Die Krystallform des Schwefels ist verschieden je nach der Temperatur, bei der die Krystallbildung erfolgte. Die bei gewöhnlicher Temperatur, z. B. beim Verdunsten von Lösungen des Schwefels sich bildenden Krystalle gehören dem rhombischen, die bei höherer Temperatur, z. B. beim Erstarren von geschmolzenem Schwefel entstehenden dagegen dem monosymmetrischen System an. Der rhombische Schwefel ist nur unterhalb 98°, der monosymmetrische zwischen 98 und 120° (seinem Schmelzpunkte) beständig.

Selen(?) (S. 68)	Monoklin?	Se	ἡ σελήνη (sĕlēnē), der Mond.

Seine Eigenschaften ähneln denjenigen des (vor ihm entdeckten) Tellurs.
Das Vorkommen des gediegenen Selens ist zweifelhaft.

Selenschwefel (S. 68)	?	Se S	

Volkanit, — nach der Insel Volkano (Liparische Inseln).

Tellur (S. 68)	Hexagonal, rhomboedrisch	Te	tellus, die Erde.

b) Familie des Überganges.

Arsen (S. 68) Arsenik Scherbenkobalt	Hexagonal, rhomboedrisch	As	τὸ ἀρσενικόν (arsĕnikón), ist bei Theophrast die Bezeichnung für das rote und gelbe Schwefelarsen.
Antimon (S. 68)	Hexagonal, rhomboedrisch	Sb	

Vielleicht von ἀντὶ μονάχων (antí mŏnáchōn), gegen die Mönche, weil Franz II (1515—1547) die Verwendung der von den Mönchen als Medikamente viel benutzten Antimonpräparate verbot.

Allemontit (S. 68)	Hexagonal, rhomboedrisch	(As, Sb)	Nach dem Vorkommen in Allemont (Isère).
Wismut (S. 72)	Hexagonal, rhomboedrisch	Bi	Angeblich vom altdeutsch. wesemôt, Wiesenmahd (wegen der Eigenschaft, bunt anzulaufen).
Tetradymit (S. 68) Tellurwismut	Hexagonal, rhomboedrisch	$2 Bi_2Te_3 + Bi_2S_3 = 3 [Bi_2Te_2S]$	τετράδυμος (tĕtrádymos), vierfach (die Krystalle bilden häufig Vierlinge).

Im Joséit (nach José in Brasilien) ist das Tellur zum Teil durch Selen und Schwefel vertreten.

2. Gruppe: Gediegene Metalle.

a) Familie der unedlen Metalle.

Eisen (S. 69)	Regulär	Fe	

Das Meteoreisen enthält stets Nickel. Manche Eisennickellegierungen haben besondere Namen erhalten, z. B. der Tainit (von ἡ ταινία = tainia, das Band), wegen der Gestalt der Widmanstättenschen Figuren. Im Meteoreisen finden sich ferner phosphorhaltige Eisennickellegierungen, der Schreibersit (nach dem österreichischen Naturforscher v. Schreibers) und der aus Schwefeleisen, FeS, bestehende Troilit.

Kupfer (S. 71)	Regulär	Cu	cuprum von aes Cyprium, das cyprische Erz (nach seinem Vorkommen).
Blei (S. 71)	Regulär	Pb	

Das Vorkommen von gediegenem Zinn ist zweifelhaft.

Quecksilber (S. 72)	Regulär (künstl. Krystalle)	Hg	
Amalgam (S. 72)	Regulär	(Ag, Hg)	Aus dem Arabischen stammend, oder von μάλαγμα (málagma), erweichender Körper, abgeleitet.

Arquerit, — nach dem Vorkommen in Arqueros in Chile, und Kongsbergit, — desgleichen nach Kongsberg in Norwegen.

Der Kongsbergit ist fast gediegen Silber (95 Proz.). — Auch ein Goldamalgam (Au, Hg) (S. 74) kommt in der Natur vor.

b) Familie der Edelmetalle.

Silber (S. 72)	Regulär	Ag	
Gold (S. 72)	„	Au	

Natürliches Gold enthält stets Silber, außerdem häufig Kupfer und andere Metalle. Gold mit mehr als 20 Proz. Silber wird Elektrum genannt. Das Palladiumgold, Porpezit (nach Porpez in Brasilien) ist vielleicht nur ein mechanisches Gemenge beider Metalle.

Platin (S. 74)	Regulär	(Pt, Fe)	la plata (span.), das Silber, platina, silberähnlich.
Iridium (S. 74)	Regulär	(Ir, Pt)	ἡ ἶρις (iris), der Regenbogen (wegen der bunten Färbung einiger seiner Salze).
Osmium (S. 74)	Hexagonal, rhomboedrisch	(Ir, Os, Pt, Rh, Ru)	ἡ ὀσμή (osmé), der Geruch (wegen des intensiven Geruchs der Überosmiumsäure, OsO_4; s. auch Chemie S. 409 ff.)
Palladium (S. 74)	Regulär und hexagonal, rhomboedrisch	Pd	Nach dem Planeten Pallas.

c) Familie des Kohlenstoffs.

Diamant (S. 74) Demant Karbonado	Regulär, tetraedr.-hem.	C	ἀδάμας (adámas), unbezwinglich (wegen der Härte).
Graphit (S. 76) Reißblei Plumbago	Hexagonal, rhomboedrisch	C	γράφω (grápho), ich schreibe.

2. Klasse: Schwefel-, Selen-, Tellur-, Arsen-, Antimon- und Wismutverbindungen.

1. Kiese.

Kupferkiese.

Kupferkies (S. 77)	Tetragonal, sphenoidal-hem.	$CuFeS_2$

Chalkopyrit, — von ὁ χαλκός (chalkós[1]), das Erz, Kupfer; τὸ πῦρ (pyr), das Feuer, dann ὁ πυρίτης (pyrítēs), der Feuerstein.

Buntkupfererz (S. 77)	Regulär	Cu_3FeS_3

Bornit, — nach dem Mineralogen Born (* 1742 in Karlsburg in Siebenbürgen, † 1791 in Wien).

Durch Verwitterung dieser Mineralien entstehen das Ziegelerz, ein Gemisch von Rotkupfererz und Eisenhydroxyd (s. a. S. 663) und der Kupfervitriol (Chalkanthit, von ὁ χαλκός = chalkós, das Kupfer; ἀνθέω = antheo, ich blühe hervor), $CuSO_4 + 5 H_2O$ (s. S. 671).

Nickelkiese.

Haarkies (S. 78)	Hexagonal, rhomboedrisch	NiS

Millerit, — nach dem Krystallographen W. H. Miller in Cambridge.

Rotnickelkies (S. 78) Kupfernickel Nickelin Arsennickel	Hexagonal, rhomboedrisch	NiAs
Antimonnickel (S. 78)	Hexagonal, rhomboedrisch	NiSb

Breithauptit, — nach dem Mineralogen A. Breithaupt.

Weißnickelkies (S. 78)	Regulär, pentag.-hem.	$NiAs_2$

Chloanthit, — von χλοανθής (chloanthés), grün aufkeimend (weil durch Verwitterung leicht die grüne Nickelblüte entsteht).

Arsennickelkies (S. 78)	Rhombisch	$(Ni, Co, Fe) As_2$

Rammelsbergit, — nach dem Mineralogen Rammelsberg.

---

[1]) Bei den im folgenden wiederholt vorkommenden griechischen Wörtern, wie χαλκός, πῦρ, λίθος u. a. m. ist die Aussprachebezeichnung zumeist nur beim ersten Mal hinzugefügt.

Eisennickelkies (S. 79)	Regulär	(FeNi)S	

Pentlandit, — zu Ehren von Pentland.

Aus den Nickelerzen entsteht die Nickelblüte (Annabergit), $Ni_3(AsO_4)_2 + 8\,H_2O$ (S. 673).

Arsenkiese.

Arsenkies (S. 79)	Rhombisch	FeAsS	

Mispickel
Arsenopyrit

Arsenikalkies (S. 79)	Rhombisch	$FeAs_2$	

Arseneisen
Löllingit, — nach dem Orte Lölling bei Hüttenberg in Kärnten.

Beim Verwittern entsteht der Skorodit (τὰ σκόροδα = skóroda, der Knoblauch), $Fe(AsO_4) + 2\,H_2O$.

Eisenkiese.

Magnetkies (S. 79)	Hexagonal, rhomboedrisch	$Fe_{11}S_{12}$	

Pyrrhotin, — von πυῤῥός (pyrrhós), feuerrot (weil meistens braun angelaufen).

Pyrit (S. 79) Schwefelkies Eisenkies	Regulär, pentag.-hem.	FeS_2	ὁ πυρίτης, der Feuerstein (wegen seiner Härte giebt er am Stahl Funken).
Markasit (S. 79) Speerkies Kammkies Wasserkies	Rhombisch	FeS_2	Das Wort marcasita stammt aus dem Arabischen (Margashīthā). Seine Bedeutung ist nicht bekannt.

Durch Verwitterung von Markasit entsteht der Eisenvitriol (Melanterit, von ἡ μελαντηρία = melantēria, die Schusterschwärze), $FeSO_4 + 7\,H_2O$.

2. Glanze.

Kupfer- und Nickelglanze.

Kupferglanz (S. 77)	Rhombisch	Cu_2S	

Chalkosin, — von ὁ χαλκός, das Erz, Kupfer.
Redruthit, — von Redruth in Cornwall.

Nickelglanz (S. 78)	Regulär, pentag.-hem.	NiAsS	

Gersdorffit, — zu Ehren des Hofrats v. Gersdorff (Eigentümer des Nickelbergwerks zu Schladming in Steiermark).
Arsennickelglanz
Nickelarsenkies

Antimonnickelglanz (S. 78)	Regulär, pentag.-hem.	NiSbS	

Ullmannit, — nach dem Mineralogen J. Chr. Ullmann.

Nickelwismutglanz (S. 79) Saynit, — nach der Grafschaft Sayn.	Regulär		

Der Saynit ist ein Gemenge von Polydymit, Ni_4S_5, (von πολύδυμοι = polýdymoi, Zwillinge) mit Wismutglanz, Bi_2S_3.

Kobalterze.

Speiskobalt (S. 80) Smaltin, — Smalte (s. Chemie S. 402.) Arsenikkobalt	Regulär	$CoAs_2$	
Kobaltkies (S. 80) Schwefelkobalt	Regulär	$(Co, Ni)_3S_4$	
Glanzkobalt (S. 80) Kobaltin	Regulär, pentag.-hem.	$CoAsS$	
Glaukodot	Rhombisch	$(Co, Fe)AsS$	γλαυκός (glaukós), bläulich; ὁ δότης (dótēs), der Geber (d. h. eine blaue Farbe liefernd).
Tesseralkies (S. 81)	Regulär	$CoAs_3$	téssera (von τέσσαρες = téssares, vier) der Würfel.

Durch Verwitterung der Kobalterze entstehen die Kobaltblüte (Erythrin, von ἐρυθρός = erythrós, rot) $Co_3(AsO_4)_2 + 8H_2O$ (s. S. 80) und der Erdkobalt (S. 81), ein Gemenge von Calcium- und Kobaltarseniat.

Manganglanz u. s. w.

Manganglanz (S. 80) Alabandin, — nach der Stadt Alabanda in Carien. Manganblende	Regulär, tetr.-hem.	MnS	
Mangankies Hauerit, — nach dem österreichischen Geologen v. Hauer.	Regulär, pentag.-hem.	MnS_2	
Molybdänit (S. 109) Molybdänglanz Wasserblei	Hexagonal	MoS_2	Siehe Chemie S. 349.
Argyrodit (S. 81)	Regulär	Ag_6GeS_5	ὁ ἄργυρος (árgyros), das Silber.
Canfieldit (S. 81)	Regulär	Ag_8GeS_6	Nach F. A. Canfield (der es auf einer Reise nach Brasilien fand).

Argyrodit und Canfieldit sind wahrscheinlich identisch.

Bleiglanze.

Bleiglanz (S. 81)	Regulär	PbS	
Galenit, — von γαληνός (galēnós), windstill, ruhig, heiter, glänzend.			
Zinckenit (S. 81) Bleiantimonglanz	Rhombisch	$Pb(SbS_2)_2$	Nach dem hannöverschen Bergrat Zincken.
Skleroklas (S. 81) Bleiarsenglanz	Rhombisch	$Pb(AsS_2)_2$	σκληρός (sklērós), hart; κλάω (kláo), ich spalte.
Jamesonit (S. 81) Federerz	Rhombisch	$Pb_2Sb_2S_5$	Nach dem schottischen Geologen Jameson.
Boulangerit (S. 81)	Rhombisch	$Pb_3(SbS_3)_2$	Nach dem französischen Chemiker Boulanger.
Selenblei (S. 81)	Regulär	$PbSe$	
Clausthalit, — nach dem Ort Clausthal im Harz.			
Nagyagit (S. 81) Blättertellur Blättererz	Rhombisch	$(PbAu)(STe)_2$	Nach dem Orte Nagyag in Siebenbürgen.
Altait (S. 81)	Regulär	$PbTe$	Nach dem Altaigebirge.
Selensilber (S. 82)	Regulär	Ag_2Se	
Naumannit, — nach dem Mineralogen Naumann.			
Sylvanit (S. 68, 82) Schrifterz	Monoklin	$(Au, Ag)Te_2$	Nach Transsylvanien (Siebenbürgen).
Tellursilber (S. 82)	Regulär	Ag_2Te	
Hessit, — nach dem russischen Chemiker H. Heß (der zuerst die Kristalle beschrieb).			

Silber- und Gültigerze.

Silberglanz (S. 82)	Regulär	Ag_2S	
Argentit, — von argentum, das Silber. Glaserz			
Antimonsilber (S. 82)	Rhombisch	Ag_3Sb	
Diskrasit, eigentlich Dyskrasit, — von ἡ δυςκρασία (dyskrasia), die schlechte Mischung.			
Silberantimonglanz (S. 82)	Monoklin	$AgSbS_2$	
Miargyrit, — von μείων (meion), Comparativ von μικρός (mikrós), klein; ὁ ἄργυρος, das Silber (er ist silberärmer als die Gültigerze).			
Schwarzgiltigerz (S. 82)	Rhombisch	$Ag_{10}Sb_2S_8$	
Melanglanz, — von μέλᾱς (mélās), schwarz. Stephanit, — nach dem Erzherzog Stephan von Österreich. Sprödglaserz			
Pyrargyrit (S. 82) Antimonsilberblende dunkles Rotgiltigerz	Hexagonal, rhomboedrisch	$3Ag_2S, Sb_2S_3 = 2Ag_3SbS_3$	τὸ πῦρ, das Feuer, ὁ ἄργυρος, das Silber.

Proustit (S. 82) Hexagonal, rhomboedrisch $3\,Ag_2S, As_2S_3 = 2\,Ag_3AsS_3$ Nach dem Chemiker Proust.
Arsensilberblende
lichtes Rotgiltigerz

Silberkupferglanz (S. 83) Rhombisch $(Cu, Ag)_2S$
Stromeyerit, — nach dem Chemiker Stromeyer († 1835, dem Entdecker des Cadmiums).

3. Fahle.

Fahlerz (S. 83) Regulär, tetr.-hem. $\begin{cases}(Cu_2, Fe, Zn)_4 As_2 S_7 \\ (Cu_2, Ag_2, Fe, Zn)_4 Sb_2 S_7\end{cases}$
Tetraedrit, — nach seiner Krystallform.

4. Blenden.

Zinkblende (S. 83) Regulär, tetr.-hem. ZnS
Sphalerit, — von σφαλερός (sphalerós), täuschend (Übersetzung von Blende).
Kleiophan, — von τὸ κλεῖος (kleios), die unsichere Kunde, und φαίνομαι (phainomai), ich zeige mich (weil sie leicht mit anderen Mineralien verwechselt wird).

Greenockit (S. 83) Hexagonal, rhomboedrisch CdS Nach Lord Greenock (der das Mineral zuerst als neu erkannte).

Der Marmatit (von Marmato bei Popayan) besteht aus $3\,ZnS + FeS$. Als Verwitterungsprodukt der Zinkblende findet sich der Zinkvitriol, Goslarit, $ZnSO_4 + 7\,H_2O$.

Realgar (S. 84) Monoklin As_2S_2 Realgar ist arabischen Ursprungs (reialgar); neulat. risigallum.
Rauschrot
rote Arsenblende
Rubinschwefel
Sandarak, — σανδαράκη (sandarákē) ist bei Aristoteles die Bezeichnung für den roten Arsenik.

Auripigment (S. 84) Rhombisch As_2S_3 aurum, das Gold; pigmentum, der Farbstoff.
Operment
gelbe Arsenblende
Rauschgelb

Wismutglanz (S. 84) Rhombisch Bi_2S_3
Bismutit

Antimonit (S. 84) Rhombisch Sb_2S_3
Antimonglanz
Grauspießglanz

Bournonit (S. 84) Rhombisch $(PbCu)SbS_3 = 2\,PbS, Cu_2S, Sb_2S_3$ Nach dem französischen Krystallographen Graf v. Bournon.
Spießglanzbleierz

Antimonblende (S. 84) Monoklin Sb_2S_2O
Pyrantimonit

Mercurblende (S. 84)	Hexagonal, trapez.-tetart.	HgS	

Zinnober

Cinnabarit, — von κιννάβαρι (kinnábari), aus dem Arabischen stammender Name des Drachenblutes.

Zinnoberhaltige Sandsteine und Schiefer heißen Ziegelerz (letztere Bezeichnung dient übrigens auch noch für ein anderes Mineral, vgl. S. 657). Quecksilbererz (Korallenerz) ist ein Gemisch von Zinnober mit bituminösen Stoffen.

3. Klasse: Sauerstoffverbindungen der Elemente.

Arsenit (S. 85)	Regulär	As_2O_3	

Arsenblüte
Arsenolith

Senarmontit (S. 85)	Regulär	Sb_2O_3	Nach dem Entdecker des Minerals, Senarmont.
Antimonblüte (S. 85)	Rhombisch	Sb_2O_3	

Valentinit, — nach Basilius Valentinus.
Weißspießglanz

Antimonocker (S. 85)	?	Sb_2O_3, H_2O $= 2HSbO_2$ (?)	
Wismutocker (S. 85)	?	Bi_2O_3	

Wismutblüte

1. Gruppe des Eisens und Chroms.

Magneteisenstein (S. 85)	Regulär	Fe_3O_4 $= Fe[FeO_2]_2$	

Magnetit

Roteisenerz (S. 85)	Hexagonal, rhomboedrisch	Fe_2O_3	

Hämatit, — von τὸ αἷμα (haíma), das Blut; ὁ αἱματίτης (haimatítēs), [ergänze λίθος], der Blutstein.

Brauneisenerz (S. 86)	?	Meist der Formel $H_6Fe_4O_9$ entsprechend	

Limonit, — von ὁ λειμών (leimōn), die Wiese.

Nadeleisenerz (S. 86)	Rhombisch	Fe_2O_3, H_2O $= 2HFeO_2$	

Goethit, — nach dem Dichter Goethe.

Bunsenit (S. 86)	Regulär	NiO	Nach dem Chemiker R. Bunsen.
Chromeisenstein (S. 86)	Regulär	$Fe[CrO_2]_2$	
Magnoferrit (S. 86)	Regulär	$Mg[FeO_2]_2$	

Magnochromit (S. 86)	Regulär	$Mg[CrO_2]_2$	

2. Gruppe des Mangans.

Polianit (S. 86) Lichtes Graumanganerz	Tetragonal	MnO_2	πολιός (poliós), grau.
Pyrolusit (S. 87) Weichmanganerz	Tetragonal	MnO_2	τό πῦρ, das Feuer; λούω (loúō), ich wasche (wegen der Verwendung zur Glasentfärbung).
Hausmannit (S. 87)	Tetragonal, sphen.-hem.	$Mn_3O_4 = Mn_2(MnO_4)$	Nach dem Mineralogen J. F. L. Hausmann.
Braunit (S. 87)	Tetragonal	$Mn_2O_3 = Mn(MnO_3)$	

Marcelin, — nach dem Fundorte St. Marcel in Piemont.

Psilomelan (S. 87) schwarzer Glaskopf Hartmanganerz	?	$(Ba, K_2)Mn_4O_9 + xH_2O$	ψιλός (psilós), glatt; μέλας, schwarz.
Manganit (S. 87) Graumanganerz	Rhombisch	$Mn_2O_3, H_2O = 2HMnO_2$	
Wad (S. 87) Manganschaum	?	Vorwiegend MnO_2, mit MnO und 5 bis 14 Proz. Wasser	Vom englischen wad, Watte (wegen der leichten, watteähnlichen Massen, die das Mineral bildet).

3. Gruppe des Kupfers.

Rotkupfererz (S. 87)	Regulär	Cu_2O	

Cuprit, — von cuprum, das Kupfer (s. S. 656).

Kupferschwärze (S. 87)	Monoklin?	CuO	

Tenorit, — nach dem Präsidenten der neapolitanischen Akademie der Wissenschaften Tenore.

Ziegelerz ist ein Gemenge von Cuprit und Brauneisenstein (s. a. S. 657).

4. Gruppe des Zinks.

Rotzinkerz (S. 87) Zinkit	Hexagonal, hemimorph	ZnO	
Franklinit (S. 88)	Regulär	$(Zn, Fe, Mn)[FeO_2]_2$	Nach B. Franklin.

5. Gruppe des Bleis.

Mennige (S. 88)	?	Pb_3O_4	
Schwerbleierz (S. 88)	Tetragonal	PbO_2	

Plattnerit, — nach dem sächsischen Chemiker Plattner.

6. Gruppe des Zinns.

Zinnstein (S. 88)	Tetragonal	SnO_2	

Zinnerz
Kassiterit, — von ὁ κασσίτερος (kassiterŏs), das Zinn.

Thorit (S. 112) und Orangit (nach der Farbe genannt) sind wahrscheinlich Zersetzungsprodukte des im reinen Zustande noch nicht aufgefundenen Thorsilikats, $ThSiO_4$. Dasselbe gilt vom Auerlith (nach Auer v. Welsbach benannt). Ein Umwandlungsprodukt vom Thorit ist der Eukrasit.

7. Gruppe des Urans.

Uranpecherz (S. 88)	Regulär	$(UO_2,Pb)_3U_2O_9$*)	Uran nach dem Planeten Uranus (s. Chemie, S. 353).

*) Die Formel S. 88 ist infolge eines Druckfehlers unrichtig.

Pechblende
Nasturan, — zusammengestellt aus ναστός (nastŏs), festgedrückt, dicht, derb, und Uran.
Uraninit

Bröggerit (S. 89)	Regulär	$(U,Th,Pb_2)_3[UO_6]$	Nach dem schwedischen Mineralogen W. C. Brögger.

Dem Bröggerit ähnlich zusammengesetzt ist der Cleveit (nach dem schwedischen Mineralogen P. T. Cleve genannt).

8. Gruppe des Magnesiums.

Periklas (S. 89) Talkerde Magnesia	Regulär	MgO	περί (pĕri), ringsum; κλάω, ich spalte.
Spinell (S. 89)	Regulär	$Mg[AlO_2]_2$	Etymologie nicht mit Sicherheit bekannt.
Hercynit (S. 89)	Regulär	$Fe[AlO_2]_2$	Von silva Hercynia (nach seinem Vorkommen im Böhmer Wald).
Zinkspinell (S. 89)	Regulär	$Zn[AlO_2]_2$	

Automolit, — von ὁ αὐτόμολος (autŏmolos), der Überläufer (hier Zwischenglied), oder αὐτομόλως, verräterisch („weil er durch seinen Zinkgehalt sich den metallischen Mineralien nähert und seine übrigens so nahe Verwandtschaft mit den erdigen Fossilien gleichsam verleugnet").
Gahnit, — nach dem schwedischen Chemiker Gahn.

9. Gruppe des Aluminiums.

Korund (S. 89) Diamantspat	Hexagonal, rhomboedrisch	Al_2O_3	Altindischer Name.

Varietäten:
Rubin
Saphir, — von ὁ σάπφειρος (sáppheiros), griechischer Name für Lasurstein;
Smirgel, — von ἡ σμύρις (smýris), der Schmirgel.

Chrysoberyll (S. 90)	Rhombisch	$Be[AlO_2]_2$	ὁ χρυσός (chrysŏs), das Gold; βήρυλλος (bḗryllos), ein meergrüner Edelstein.

Diaspor (S. 90)	Rhombisch	$Al_2O_3, H_2O = 2AlO[OH]$	ἡ διασπορά (diasporá), die Zerstreuung (wegen seines Verhaltens vor dem Lötrohr).
Beauxit (S. 90)	?	$Al_2O_5H_4$	Nach der Stadt Beaux bei Arles.
Wocheinit (S. 90)	?	$Al_2O_5H_4$	Nach der Wochein bei Feistritz in Krain.
Hydrargillit (S. 90)	Monoklin	$Al_2O_3, 3H_2O = 2Al[OH]_3$	τὸ ὕδωρ (hýdōr), das Wasser; ὁ ἄργιλλος (árgillos), der Thon.

10. Gruppe des Quarzes und Opals.

Wasser (S. 90)	Hexagonal, rhomboedrisch	H_2O	
Quarz (S. 91)	Hexagonal, trapez.-tetart.	SiO_2	

Varietäten:

Bergkrystall (Citrin, — von κίτρινος = kítrinos, citronenfarbig; — Rauchtopas — Morion, — von μωρός = mōrós, stumpfsinnig, einfältig, dunkel);

Amethyst, — von ἀμέθυστος (améthystos), nicht trunken (weil er als Amulet gegen Trunkenheit getragen wurde);

gemeiner Quarz (S. 92) (Rosenquarz, Milchquarz, Prasem, — von πράσινος = prásinos, lauchgrün; — Saphirquarz oder Siderit, — von σιδηρίτης = siderítēs, von Eisen herrührend (weil die blaue Färbung durch eine Eisenverbindung bewirkt wird); Schillerquarz oder Katzenauge, Tigerauge, Avanturin, — letzteres ist die Bezeichnung einer Glasforte, welcher diese Quarzvarietät ähnelt und deren Entstehung z. T. Sache des Zufalls [aventura] war);

Eisenkiesel (Hyacinth von Compostella, — von ὁ ὑάκινθος = hyákinthos, der Hyacinth);

Chalcedon, — nach Chalcedonien in Asien; (Karneol, Chrysopras, — von ὁ χρυσός, das Gold, und πράσινος = prásinos, lauchgrün; Heliotrop, — von τὸ ἡλιοτρόπιον = hēliŏtrópion, wörtl. „Sonnenwende", bei Plinius ein Edelstein; Onyx, Sardonyx, — von ὁ ὄνυξ = ónyx, wörtl. der Nagel, auch ein streifiger Edelstein (bei Plinius wird mit diesem Namen ein geschnittener Stein bezeichnet, der aus zwei bis drei Lagen besteht, die wie der Nagel auf dem Fleische liegen); τὸ σάρδιον = sárdion, Karneol — ein mehrfarbiger Onyx, hieß bei den Alten Sardonyx —);

Achat, — von ἀχάτης (achátēs), der Achat (vom Flusse Achates in Sicilien).

Feuerstein oder Flint

Hornstein (Holzstein)

Jaspis

Kieselschiefer

Tridymit (S. 93)	Rhombisch	SiO_2	τρίδυμοι (trídymoi), Drillinge.
Opal (S. 93) edler Opal Halbopal Wachsopal Holzopal	Amorph	SiO_2 mit 3 bis 13 Proz. Wasser	ὁ ὀπάλλιος (ŏpállios), bei Dioskorides ein Edelstein;

[Opal (S 93)]
Hydrophan, — von τὸ ὕδωρ, das Wasser; φαίνω (phaíno), ich scheine (er wird erst beim Befeuchten glänzend);
Hyalit (oder Glasopal), — von ὁ ὕαλος (hýalos), das Glas.
Kieselsinter
Kieselgur
Infusorienerde
Polierschiefer

11. Verbindungen des Titans.

Rutil (S. 94)	Tetragonal	TiO_2	rutilus, rot
Anatas (S. 94)	Tetragonal	TiO_2	ἡ ἀνάτασις (anátasis), die Ausdehnung (weil die Hauptachse länger ist als beim Rutil).
Brookit (S. 94)	Rhombisch	TiO_2	Nach dem engl. Krystallographen H. J. Brooke.
Titaneisen (S. 94)	Hexagonal, rhomboedrisch	$FeTiO_3$	

Ilmenit, — Menakanit, — Iserin, — nach den Fundorten: Ilmensee bei Minsk; Menaccan in Cornwall; Iserwiese bei Flinsberg.

12. Der Sassolin.

Sassolin (S. 94, 108)	Triklin	H_3BO_3	Nach dem Fundorte Sasso in Toscana.

4. Klasse: Haloidsalze.

1. Steinsalz.

Steinsalz (S. 95)	Regulär	$NaCl$	

Halit, — von ὁ ἅλς (hals), das Salz.

Sylvin (S. 96)	Regulär	KCl	Nach dem holländischen Arzte Sylvius de le Boë (1614—1672).
Carnallit (S. 96)	Rhombisch	$KMgCl_3 + 6H_2O$	Nach dem Berghauptmann v. Carnall.
Tachhydrit (S. 96)	Hexagonal, rhomboedrisch	$CaMg_2Cl_6 + 12H_2O$	ταχύς (tachýs), schnell; τὸ ὕδωρ, das Wasser (weil er schnell feucht wird).
Kainit (S. 96)	Monoklin	$KCl, MgSO_4 + 3H_2O$	καινός (kainós), neu.

2. Flußspat.

Flußspat (S. 97)	Regulär	$CaFl_2$	

Fluorit, — von fluo, ich fließe.
Var. Chlorophan, — von χλωρός (chlōrós), grün; φαίνω, ich scheine.

Kryolith (S. 97) Eisstein.	Monoklin	$6 NaFl, Al_2Fl_6 = 2 Na_3 AlFl_6$	τὸ κρύος (kryos), der Frost, das Eis.
Pachnolith (S. 97)	Monoklin	$Al_2Fl_6 + 2 NaFl + 2 CaFl_2 + 2 H_2O = 2 NaCaAlFl_6 + H_2O$	ἡ πάχνη (páchnē), der gefrorene Tau, Reif (weil die Säulen des Minerals wie Tau in den Drusenräumen vom Kryolith liegen).

3. Haloidsalze der schweren Metalle.

Hornsilber (S. 98) Silberhornerz	Regulär	AgCl	

Kerargyrit, — von τὸ κέρας (kéras), das Horn und ὁ ἄργυρος, das Silber.

Embolit (S. 98) Chlorbromsilber	Regulär	$x AgBr + y AgCl$	τὸ ἐμβόλιον (embólion), die Einschaltung (nämlich zwischen Bromsilber und Chlorsilber).
Quecksilberhornerz (S. 98)	Tetragonal	HgCl	

Kalomel, — καλός (kalós), schön; μέλας, schwarz (wegen des Verhaltens zu Ammoniak).

Cotunnit (S. 98)	Rhombisch	$PbCl_2$	Nach dem neapolitanischen Arzt Cotunnia.
Nantockit (S. 98)	Regulär	CuCl	Nach Nantocco in Chile.

5. Klasse: Karbonate, Nitrate.

Karbonate.

1. Gruppe des Calcits.

Calcit (S. 98)	Hexagonal, rhomboedrisch	$CaCO_3$	

Varietäten:

Doppelspat; — Tropfstein; — Marmor von μαρμαίρω = marmairo, ich schimmere; ὁ μάρμαρος = mármaros, der glänzende Stein, Marmor; — Schieferspat; — Schaumkalk; — Kalkstein; — Kreide; — Bergmilch; — Mondmilch.

Magnesit (S. 100) Talkspat dichter Magnesit	Hexagonal, rhomboedrisch	$MgCO_3$	
Bitterspat (S. 100) Braunspat	Hexagonal, rhomboedrisch	$(Mg, Ca)CO_3$	

Dolomit, — nach dem französischen Geologen Dolomieu.

Siderit (S. 100) Eisenspat	Hexagonal, rhomboedrisch	$FeCO_3$	ὁ σίδηρος (sidēros), das Eisen;

Varietäten:

Sphärosiderit (von ἡ σφαῖρα = sphaira, die Kugel, und ὁ σίδηρος); — Kohleneisenstein

Zinkspat (S. 101)	Hexagonal, rhomboedrisch	$ZnCO_3$	
Smithsonit, — nach dem englischen Chemiker Smithson. Galmei			
Eisenzinkspat (S. 101)	Hexagonal, rhomboedrisch	$(Fe, Zn)CO_3$	
Monheimit, — nach dem Apotheker und Medicinalassessor J. P. J. Monheim in Aachen.			
Manganzinkspat (S. 101)	Hexagonal, rhomboedrisch	$(Zn, Mn)CO_3$	
Breunnerit (S. 101)	Hexagonal, rhomboedrisch	$(Mg_2, Fe)[CO_3]_3$	Nach dem Grafen Breunner.
Mesitinspat, — von ὁ μεσίτης (mesitēs), der Vermittler (als Zwischenglied zwischen Siderit und Magnesit).			
Manganspat (S. 101)	Hexagonal, rhomboedrisch	$MnCO_3$	
Rhodochrosit, — von ῥοδόχροος (rhodóchroos), rosenfarbig. Himbeerspat			

2. Gruppe des Aragonits.

Aragonit (S. 101)	Rhombisch	$CaCO_3$	Fundort (Molina in) Aragonien.
Varietäten: Erbsenstein; — Sprudelstein; — Eisenblüte.			
Witherit (S. 102)	Rhombisch	$BaCO_3$	Nach dem englischen Mineralogen Withering.
Alstonit (S. 102)	Rhombisch	$(Ba, Ca)CO_3$	Nach dem Fundorte Alston Moore.
Strontianit (S. 102)	Rhombisch	$SrCO_3$	Nach dem schottischen Bergdorf Strontian.
Weißbleierz (S. 102)	Rhombisch	$PbCO_3$	
Cerussit, — von cerussa, das Bleiweiß.			

3. Gruppe der basischen und wasserhaltigen Karbonate.

Natron (S. 102)	Monoklin	$Na_2CO_3 + 10 H_2O$	
Soda			
Trona (S. 102)	Monoklin	$Na_2CO_3 + NaHCO_3 + 2 H_2O$	Trona wird das in der Provinz Sukena (Afrika) sich findende Salz genannt.
Urao, — ein mexikanischer Name.			
Thermonatrit (S. 102)	Rhombisch	$Na_2CO_3 + H_2O$	θερμός (thĕrmŏs), warm, und Natron (für die in der Wärme verwitternde Soda).

4. Gruppe der Kupferkarbonate.

Malachit (S. 103)	Monoklin	$[Cu(OH)]_2CO_3$	ἡ μαλάχη (malàchē), die Malve.
Kupferlasur (S. 103)	Monoklin	$[CO_3]_2 . Cu . [Cu(OH)]_2$	Nach der Lasurfarbe.

Chessylith, — vom Fundorte Chessy bei Lyon.
Azurit

Nitrate.

Salpeter (S. 103)	Rhombisch	KNO_3	sal petrae, Salz des Felsens.

Nitrit, — von τὸ νίτρον (nítron), Laugensalz
Kehrsalpeter

Natronsalpeter (S. 103)	Hexagonal, rhomboedrisch	$NaNO_3$	

Chilisalpeter, — nach dem Vorkommen in Chile.
Nitratin

6. Klasse: Sulfate, Chromate.

Sulfate.

1. Sulfate der Alkalimetalle.

Glaserit (S. 104)	Rhombisch	K_2SO_4	Nach dem im 17. Jahrhundert lebenden Chemiker Christoph Glaser.

Aphthalose, — von ἄφθιτος (áphthitos), unveränderlich (nicht verwitternd); ὁ ἅλς, das Salz.

Mirabilit (S. 104) Glaubersalz	Monoklin	$Na_2SO_4 + 10H_2O$	

Das Natriumsulfat wurde in der Medicin als sal mirabile Glauberi (wunderbares Salz Glaubers — nach dem im 17. Jahrhundert lebenden Chemiker Glauber) bezeichnet.

Thenardit (S. 104)	Rhombisch	Na_2SO_4	Nach dem franz. Chemiker L. J. Thenard.
Glauberit (S. 104)	Monoklin	$Na_2Ca[SO_4]_2$	s. o. zu Glaubersalz.
Bittersalz (S. 104)	Rhombisch	$MgSO_4 + 7H_2O$	

Epsom, — nach dem ehemaligen Badeorte Epsom in Surrey (südwestl. von London).

Kieserit (S. 96 u. 104)	Monoklin	$MgSO_4 + H_2O$	Nach dem Präsidenten der Leopoldinischen Akademie Kieser.
Polyhalit (S. 96)	Monoklin?	$K_2MgCa_2[SO_4]_4 + H_2O$	πολύς (polýs), viel; ὁ ἅλς, das Salz.

2. Sulfate der Erdalkalimetalle.

Gips (S. 104) — Monoklin — $CaSO_4 + 2H_2O$ — ἡ γύψος (gýpsos), der Gips.
Selenit, — von ἡ σελήνη, der Mond (wegen seines Glanzes).
Marienglas
Varietäten:
Fasergips; — Schaumgips; — Alabaster (von ὁ ἀλάβαστρος = alábastros, aus dem Arabischen stammender Name eines Kalksteines).

Anhydrit (S. 105) — Rhombisch — $CaSO_4$ — ἄνυδρος (ánhydros), wasserfrei (im Gegensatz zum Gips).
Muriacit
Karstenit
Früher hielt man den Anhydrit für ein Salz der Salzsäure (acidum muriaticum, nach dem darin angenommenen Element murium). Karstenit nach dem preußischen Metallurgen, Mineralogen und Chemiker J. C. B. Karsten.

Schwerspat (S. 105) — Rhombisch — $BaSO_4$
Baryt, — von βαρύς (barýs), schwer (wegen des hohen spezifischen Gewichts).

Cölestin (S. 106) — Rhombisch — $SrSO_4$ — coelestis, himmelblau (wegen der Farbe einiger Varietäten).
Varietäten:
Cölestinspat; — strahliger Cölestin; — Fasercölestin; — dichter Cölestin.

Barytocölestin (S. 106) — Rhombisch — $(Ba, Sr)SO_4$

Anglesit (S. 106) — Rhombisch — $PbSO_4$ — Fundort: Englische Insel Anglesea.
Bleivitriol

3. Sulfate des Aluminiums.

Aluminit (S. 106) — Monoklin — Al_2SO_6 *) $+ 9H_2O$ — alumen, Alaun.

*) Die Formel auf S. 106 ist unrichtig.

Alunit (S. 106) — Hexagonal, rhomboedrisch — $3(Al_2O_3,SO_3) + K_2O,SO_3 + 6H_2O = 2\{K[AlO]_3[SO_4]_2 + 3H_2O\}$ — alumen, Alaun.
Alaunstein

Keramohalit (S. 106) — ? — $Al_2[SO_4]_3 + 18H_2O$ — ὁ κέραμος (kéramos), der Thon; ὁ ἅλς, das Salz (also ein Salz des Thons, statt der Thonerde).
Haarsalz

Kalialaun (S. 106) — Regulär, pentag.-hem. — $K_2SO_4 + Al_2O_3SO_3 + 24H_2O = 2\{KAl[SO_4]_2 + 12H_2O\}$
Kalinit

Natronalaun (S. 107) — Regulär, pentag.-hem. — $Na_2SO_4 + Al_2O_3 3SO_3 + 24H_2O = 2\{NaAl[SO_4]_2 + 12H_2O\}$
Solfatarit, — Mendozit, — } Fundorte: { die Solfataren bei Pozzuoli und in Mendoza in Argentinien.

Ammoniakalaun (S. 107) — Regulär, pentag.-hem. — $(NH_4)_2SO_4 + Al_2O_3 3SO_3 + 24H_2O = 2\{[NH_4]Al[SO_4]_2 + 12H_2O\}$
Tschermigit, — nach dem Fundort Tschermig in Ungarn.

Zinkvitriol (S. 107) — Rhombisch, hemiedrisch — $ZnSO_4 + 7H_2O$
Galitzenstein
Goslarit, — nach dem Fundort Goslar am Harz.

Eisenvitriol (S. 107) — Monoklin — $FeSO_4 + 7H_2O$
Melanterit, — siehe S. 658.

Copiapit (S. 107) — Monoklin — $2Fe_2O_3 5SO_3 + 18H_2O$ — Nach dem Fundorte Copiapo in Chile.
$= Fe_2.[Fe(OH)]_2.[SO_4]_5 + 17H_2O$
Misy, — ein von den Bergleuten im Harz gebrauchter Name.

Coquimbit (S. 107) — Hexagonal, rhomboedrisch — $Fe_2[SO_4]_3 + 9H_2O$ — Nach dem Fundorte Coquimbo in Chile.

Glockerit (S. 107) — ? — $2Fe_2O_3SO_3 + 6H_2O = [Fe_2(OH)_4]SO_4, 2Fe(OH)_3 + H_2O$ — Nach dem Mineralogen Glocker.
Vitriolocker

Kupfervitriol (S. 107) — Triklin — $CuSO_4 + 5H_2O$ — Siehe S. 657.
Chalkanthit

Chromate.

Krokoit (S. 107) — Monoklin — $PbCrO_4$ — ὁ κρόκος (krŏkos), der Safran.
Rotbleierz
Kallochrom, — von τὸ κάλλος (kállos), die Schönheit, (oder καλός = kalós, schön); τὸ χρῶμα (chrōma), die Farbe.

7. Klasse: Borate, Wolframate und Molybdate.

Borax (S. 108) — Monoklin — $Na_2B_4O_7 + 10H_2O$
Tinkal, — der orientalische Name des Borax.

Boracit (S. 108) — Rhombisch und regulär, tetr.-hem. — $Mg_7B_{16}O_{30}Cl_2$
Staßfurtit, — nach dem Fundorte Staßfurt (Prov. Sachsen).

Hydroboracit (S. 108). — ? — $MgCaB_6O_{11} + 6H_2O$ — τὸ ὕδωρ (hȳdōr), das Wasser. (Im Gegensatz zum wasserfreien Boracit.)

Borocalcit (S. 109) — ? — $CaB_4O_7 + 4H_2O$

Pinnoit (S. 109) — Tetragonal, hemimorph — $Mg(BO_2)_2 + 3H_2O$ — Nach dem Kgl. Oberbergrat Pinno in Staßfurt.

Boronatrocalcit (S. 109) ? $NaCaB_5O_9 + 6H_2O$
Tinkalcit
Ulexit, — nach dem Mineralogen Ulex, der das Mineral zuerst analysierte.

Wolframit (S. 109) Monoklin $(Mn, Fe)WO_4$

Scheelit (S. 109) Tetragonal, pyramidal-hemiedrisch $CaWO_4$ Nach d. schwedischen Chemiker K. W. Scheele († 1786) (der die Wolframsäure entdeckte).
Scheelspat
Tungstein, — darüber siehe Chemie, S. 351.

Wulfenit (S. 109) Tetragonal, hemimorph $PbMoO_4$ Nach dem österreichischen Mineralogen Wulfen.
Gelbbleierz
Molybdänbleierz oder -spat.

8. Klasse: Phosphate, Arseniate.

Apatit (S. 109) Hexagonal, pyr.-hem. $3Ca_3[PO_4]_2 + Ca(Cl_2, Fl_2)$ ἀπατάω (apatáo), ich täusche.

(Der Mineralog Werner gab dem Mineral diesen Namen, weil es vor ihm mit Flußspat, Aquamarin, Turmalin und anderen verwechselt wurde.)

Die erdigen und dichten Chlorapatite, deren Chlorgehalt infolge von Verwitterung geringer ist, heißen Phosphorite. Der Osteolith (τὸ ὀστέον = ostéon, das Gebein; ὁ λίϑος = líthos, der Stein) ist ebenfalls ein Zersetzungsprodukt des Apatits und fast reines Calciumphosphat, $Ca_3(PO_4)_2$.

Pharmakolith (S. 110) Monoklin $CaHAsO_4 + 2H_2O$ τὸ φάρμακον (phármakon), das Gift; ὁ λίϑος (líthos), der Stein.

Vivianit (S. 110, 112) Monoklin $Fe_3[PO_4]_2 + 8H_2O$ Nach dem englischen Mineralogen J. G. Vivian.

Wavellit (S. 110) Rhombisch $3Al_2O_3, 2P_2O_5 + 12H_2O = 2[Al(OH)]_3[PO_4]_2 + 9H_2O$ Nach dem Entdecker Wavel.

Amblygonit (S. 110) Triklin $Al_2O_3P_2O_5 = 2AlPO_4$ mit etwas $LiFl$ und $NaFl$ ἀμβλυγώνιος (amblygónios), stumpfwinklig.

Hiervon gab ihm, um anzudeuten, daß sein Spaltungswinkel größer als 90° sei, Breithaupt den Namen. Das Mineral wurde früher für Skapolith (s. unten, S. 683) gehalten.

Lazulith (S. 110) Monoklin $Al_2(Mg, Fe)P_2O_9 + H_2O = [Al(OH)]_2 Mg, Fe[PO_4]_2$ Nach der Farbenähnlichkeit mit dem lapis lazuli, Lasurstein.

Kalait (S. 110) ? $2Al_2O_3, P_2O_5 + 5H_2O = [Al_2(OH)_3]PO_4 + H_2O$ χάλαϊς (kálaïs), ein meergrüner Edelstein.
Türkis, — von turquoise (franz.), der Türkis (weil er aus der Türkei zu uns gebracht wurde).

Struvit (S. 110)	Rhombisch, hemimorph	$NH_4MgPO_4 + 6H_2O$	Nach dem russischen Staatsrat v. Struve.
Hannayit (S. 111)	Triklin	$Mg_3[NH_4]_2H_4[PO_4]_4 + 8H_2O$ *)	Nach Hannay, Lecturer on Chemistry at Owens College in Manchester (England).

*) In der Formel auf S. 111 befindet sich ein Druckfehler: NH_4 statt $(NH_4)_2$.

Pyromorphit (S. 111) Grünbleierz Braunbleierz	Hexagonal, pyr.-hem.	$3Pb_3[PO_4]_2 + PbCl_2$	τὸ πῦρ Feuer; ἡ μορφή (morphé), die Gestalt (weil er aus dem Schmelzfluß krystallisiert).
Mimetesit (S. 111)	Hexagonal, pyr.-hem.	$3Pb_3[AsO_4]_2 + PbCl_2$	ὁ μιμητής (mimētés), der Nachahmer.
Libethenit (S. 111)	Rhombisch	$4CuO,P_2O_5 + H_2O = 2\{Cu[Cu(OH)]PO_4\}$	Nach dem Fundorte Libethen in Ungarn.
Olivenit (S. 111)	Rhombisch	$4CuO,As_2O_5 + H_2O = 2\{Cu[Cu(OH)]AsO_4\}$	Nach der olivengrünen Farbe, daher auch Olivenerz.
Phosphorchalcit (S. 111)	?	$6CuO,P_2O_5, 3H_2O = 2[Cu(OH)]_3PO_4$	Nach seinem Gehalt an Phosphorsäure und Kupfer (χαλκός).

Pseudomalachit, — von τὸ ψεῦδος (pseúdos), die Lüge, und Malachit S. 669).
Lunnit, — nach dem Chemiker Lunn.

Lirokonit (S. 111) Linsenerz	Monoklin	$4Al_2O_3, 18CuO, 5As_2O_5 + 60H_2O$	λειρός (leirós), bleich; ἡ κονία (konía), der Staub (weil der Strich weniger intensiv gefärbt ist als das Mineral selbst).
Kalkuranit (S. 111) Uranit	Rhombisch	$Ca[UO_2]_2[PO_4]_2 + 8H_2O$	

Autunit, — nach dem Fundorte Autun in Frankreich.

Kupferuranit (S. 111)	Tetragonal	$Cu[UO_2]_2[PO_4]_2 + 8H_2O$ *)	

*) Die Formel S. 111 muß lauten: $CuO,2UO_2,P_2O_5 + 8H_2O$.

Torbernit
Uranglimmer, — nach der leichten Spaltbarkeit.

Erythrin (S. 80, 111) Kobaltblüte	Monoklin	$Co_3[AsO_4]_2 + 8H_2O$	ἐρυθρός (ĕrythrós), rot.
Nickelblüte (S. 111)	Monoklin	$Ni_3[AsO_4]_2 + 8H_2O$	

Annabergit, — nach dem Fundorte Annaberg in Sachsen.
Nickelocker

Strengit (S. 79, 112)	Rhombisch	$FePO_4$ $+ 2H_2O$	Nach dem Mineralogen Streng in Gießen.
Skorodit (S. 112)	Rhombisch	Fe_2O_3, As_2O_5 $+ 4H_2O$ $= 2\{FeAsO_4 + 2H_2O\}$	Siehe S. 658.
Pharmakosiderit (S. 112) Würfelerz	Regulär, tetr.-hem.	$Fe[Fe(OH)]_3$ $[AsO_4]_3$ $+ 6H_2O$	τὸ φάρμακον (phármakon), das Gift; ὁ σίδηρος, das Eisen.
Monazit (S. 64, 112)	Monoklin	(Ce, La, Di) PO_4	μονάζω (monázo), ich bin einzeln (wegen des seltenen Vorkommens).

Mengit, — nach dem Mineralienhändler Menge (der das Mineral bei Miask gefunden hatte).

Turnerit, — nach dem englischen Chemiker C. H. Turner.

9. Klasse: Silikate.

1. Gruppe: Zeolithe.

ζέω (zéo), ich koche; ὁ λίθος der Stein
(weil sie beim Erhitzen vor dem Lötrohr unter Aufschäumen das Wasser verlieren).

Analcim (S. 114)	Regulär, tetr.-hem.	$Na_2Al_2Si_4O_{12}$ $+ 2H_2O$ $= 2\{AlNa[SiO_3]_2$ $+ H_2O\}$	ἄναλκις (ánalkis), schwach, kraftlos (weil er durch Reiben nur schwach elektrisch wird).
Harmotom (S. 114) Kreuzstein Morvenit	Monoklin	$(Ba,K_2)Al_2Si_5O_{14}$ $+ 5H_2O$	ἁρμόζω (harmózo), ich füge zusammen, und τέμνω (témno), ich schneide (weil sich die Krystalle an den Zusammenfügungen der Pyramidenflächen, an den Scheitelkanten, teilen lassen).
Phillipsit (S. 114) Kalkharmotom	Monoklin	(Ca, Na_2, K_2) $Al_2Si_4O_{12}$ $+ 4H_2O$*)	Nach d. englischen Mineralogen J. Phillips.

*) In der Formel S. 114 steht $4H_3O$ statt $4H_2O$.

Desmin (Stilbit) (S. 114)	Monoklin	$CaAl_2Si_6O_{16}$ $+ 6H_2O$	ἡ δεσμή (dĕsmé), das Bündel (wegen der Anordnung der Krystalle) στίλβω (stilbo), ich glänze.

Chabasit (S. 114)	Hexagonal, rhomboedrisch	$Ca(Al_2,K)Si_5O_{15} + 6H_2O$	χαβάσιος (chabásios) ist der Name eines Steines, der in den Gedichten des Orpheus erwähnt wird.
Phakolith, — von ὁ φακός (phakós), die Linse; ὁ λίθος, der Stein. Würfelzeolith			
Mesotyp (S. 114) Natrolith Faserzeolith	Rhombisch und monoklin	$Na_2Al_2Si_3O_{10} + 2H_2O$	μέσος (mésos), in der Mitte; ὁ τύπος (typos), die Gestalt (weil die von Hauy für tetragonal gehaltene Krystallform in der Mitte zwischen der des Analcims und des Desmins steht).
Thomsonit (S. 114)	Rhombisch	$(Na_2Ca)_2Al_2[SiO_4]_2 + 5H_2O$	Nach dem Mineralogen und Chemiker Th. Thomson.
Comptonit, — nach Lord Compton, dem Direktor der geologischen Gesellschaft.			
Prehnit (S. 114)	Rhombisch	$Ca_2Al_2Si_3O_{11} + H_2O$	Nach dem holländischen Oberst v. Prehn (der das Mineral vom Vorgebirge der guten Hoffnung gebracht hat).
Apophyllit (S. 114)	Tetragonal	$4\{CaH_2[SiO_3]_2 + H_2O\} + KFl$	ἀποφυλλίζω (apophyllízō), ich entblättere, blättere auf (nach dem Verhalten vor dem Lötrohr).
Ichthyophtalm, — von ὁ ἰχθύς (ichthýs), der Fisch; ὁ ὀφθαλμός (ophthalmós), das Auge (wegen des Perlmutterglanzes auf oP).			
Mesolith (S. 115)	Rhombisch und monoklin		μέσος, in der Mitte (weil er aus Natrolith- und Skolezitsubstanz besteht).
Skolezit (S. 115)	Rhombisch und monoklin	$CaAl_2Si_3O_{10} + 3H_2O$	σκολιάζω (skoliázo), ich bin krumm. (weil er sich vor dem Lötrohr krümmt).
Kieselzinkerz (S. 115) Kieselgalmei Kieselzinkspat	Rhombisch	$[Zn(OH)]_2SiO_3$	
Kalamin, — von lapis calaminaris, wörtl. Rohrstein (καλάμινος = kaláminos, von Rohr) (bei Albertus Magnus im 13. Jahrhundert für den Galmei gebraucht). Hemimorphit, von ἡμι- (hēmi-), halb, ἡ μορφή (morphé), die Gestalt, (siehe S. 115).			

Dioptas (S. 115) — Hexagonal, tetartoedrisch — H_2CuSiO_4 — διόπτομαι (dióptomai), ich sehe durchschimmern) (weil man die Spaltungsrichtungen beim Durchsehen erkennen kann).

Achirit, — nach dem Kaufmann Achir Malmed (der das Mineral zuerst, 1785, nach Europa brachte).
Kupfersmaragd

Kieselmalachit (S. 115) — $H_2CuSiO_4 + H_2O$ — ἡ μαλάχη (maláchē), die Malve

Chrysokoll, — von ἡ χρυσόκολλα (chrysókolla), das Goldlot.
Kieselkupfer
Kupfergrün

Der Kieselmalachit ist wahrscheinlich ein inniges Gemenge von Dioptas mit wasserhaltiger Kieselsäure.

2. Gruppe der Feldspate.

Orthoklas (S. 116) — Monoklin — $K_2Al_2Si_6O_{16} = 2KAlSi_3O_8$ — ὀρθός (orthós), rechtwinklig; κλάω, ich spalte;

Kalifeldspat
Pegmatolith, — von τὸ πῆγμα (pégma), das Zusammenbefestigte (wegen der häufigen Zwillingsbildungen;
Varietäten:
Sanidin (Rhyakolith), — von ἡ σανίς (sanís), das Brett (wegen der Gestalt der Krystalle): ὁ ῥύαξ (rhýax), der Lavastrom; Adular — nach dem Vorkommen am mons Adula; Mondstein, — hat seinen Namen von dem inneren bläulichen Lichtschein; Amazonenstein, — wurde zuerst am Amazonenflusse gefunden.

Mikroklin (S. 117) — Triklin — $KAlSi_3O_8$ — μικρός (mikrós), klein, wenig; κλίνω (klíno), ich neige mich.

Albit (S. 117) — Triklin — $Na_2Al_2Si_6O_{16} = 2NaAlSi_3O_8$ — albus, weiß.

Natronfeldspat
Periklin, — von περικλινής (periklinés), sich ringsum neigend (wegen der Lage der Endfläche).

Anorthit (S. 116, 119) — Triklin — $CaAl_2Si_2O_8$ — ἀνορθός (anorthós), nicht rechtwinklig.

Oligoklas (S. 117, 119) — Triklin — s. S. 119 — ὀλίγος (olígos), wenig; κλάω, ich spalte.

Andesin (S. 117, 119) — Triklin — s. S. 119 — Nach dem Vorkommen in den Anden.

Labradorit (S. 117, 118, 119) — Triklin — s. S. 119 — Nach dem Vorkommen an der Küste von Labrador.

Der Bytownit (S. 119) (nach dem Fundorte Bytown in Canada) ist kein einheitliches Mineral, sondern ein Gemenge aus Anorthit, Hornblende, Quarz und Magneteisen. — Die triklinen Feldspate werden als Plagioklase (S. 116) zusammengefaßt (πλάγιος = plágios, schief; κλάω = kláo, ich spalte).

Leucit (S. 117)	Regulär (und tetragonal?)	$K_2Al_2Si_4O_{12} = 2KAl[SiO_3]_2$	λευκός (leukós), weiß.
Nephelin (S. 117)	Hexagonal, hemiedrisch	$2(Na,K), Al_2, Si_2O_8 = 2\{(K,Na)Al[SiO_4]\}$	ἡ νεφέλη (nephélē), die Wolke, der Nebel (weil die Krystalle durch Säuren zersetzt und daher trüb werden).
Sodalith (S. 117)	Regulär, tetr.-hem.	$3NaAl[SiO_4] + NaCl$	Wegen seines Natriumgehaltes.
Hauyn (S. 117)	?	$2(Na_2Ca)Al_2[SiO_4]_3 + (Na_2,Ca)SO_4$	Nach René Just Hauy († 1822), (dem Entdecker der Grundgesetze der Krystallographie).
Lasurstein (S. 117) Lapis lazuli Lasurit	?	(Dem Hauyn nahestehend und wahrscheinlich ein Polysulfid des Natriums enthaltend).	

Obsidian (S. 117; ein lapis Obsidianus — nach Obsidius, der ihn aus Äthiopien gebracht hatte, genannt — wird von Plinius erwähnt), Bimsstein (S. 118), Perlstein (S. 118) und Pechstein (S. 119) sind keine einheitlichen Mineralien, sondern Gemenge (s. S. 118).

3. Gruppe der Thone.

Kaolin (S. 119) Porzellanerde		$[Al(OH)_2]_2 Si_2O_5$	Chinesischer Name Kaouling = Gebein.
Gelberde (S. 119)			
Tripel (S. 119)			Von Tripolis herrührend.
Bolus (S. 119) Lemnische Erde Terra sigillata Sphragid			ἡ βῶλος (bólos), der Erdklumpen.

(Die von Lemnos stammende Erde wurde früher als Arzneimittel benutzt. Es wurden daraus Kugeln geformt, in die ein Siegel — sigillum, σφραγίς = sphragis — gedrückt war.)

Terra de Siena (S. 119)			Siena, italienische Stadt, 40 km südlich von Florenz gelegen.
Steinmark (S. 119)			Weil es die Spalten verschiedener Massengesteine ausfüllt.

Bildstein (S. 120)
Agalmatolith, — von τὸ ἄγαλμα (ágalma), der Schmuck; auch die Bildsäule, und ὁ λίθος.

Die Santoninerde (von der Insel Santonin), Puzzolanerde (nach dem Fundorte Pozzuóli auf den phlegräischen Feldern benannt) und der Traß (vielleicht von terrasse, Erdwall abgeleitet) sind Verwitterungsprodukte von Laven.

4. Gruppe der Glimmer.

Kaliglimmer (S. 120)	Monoklin	$H_2KAl_3[SiO_4]_3$ *)	

*) In der Formel S. 121 muß H_4 statt H stehen.

[**Kaliglimmer** (S. 120)]
Muskovit, — von Moscovia = Rußland;
Mica, — von mico, ich glänze, glitzere (das was im Sande wie Silber glänzt).
Marienglas

Magnesiaglimmer (S. 120) — Monoklin — $(HK)_2(Mg,\overset{II}{Fe})_2(Al,Fe)_2[SiO_4]_3$
Biotit, — nach dem französischen Physiker Biot (der zuerst auf das verschiedene optische Verhalten der Glimmerarten aufmerksam machte).

Lithionglimmer (S. 121) — Monoklin — $Si_3O_9Al_2(Li,K)_2(F,OH)_2$
Lepidolith, — von ἡ λεπίς (lĕpís), die Schuppe; und ὁ λίθος, der Stein (nach der roten, schuppenförmigen Varietät aus Rozena).

Sericit (S. 121) — Monoklin — wie Muskovit — σηρικός (sērikós), aus Seide (wegen des Glanzes).

Damourit (S. 121) — Monoklin — wie Muskovit — Nach dem franz. Mineralogen Damour v. Delesse.

Onkosin (S. 121) — Monoklin — wie Muskovit — ἡ ὄγκωσις (ónkōsis), das Aufschwellen (wegen des Verhaltens vor dem Lötrohr).

Chloritgruppe.

Pennin (S. 121) — Hexagonal, (rhomboedrisch) und monoklin — $H_8(Mg,Fe)_5Al_2Si_3O_{18}$ — Nach den penninischen Alpen.
Klinochlor, — von κλίνω, ich neige mich (wegen des großen Abstandes der optischen Achsen), und χλωρός (chlōrós), grün (wegen der Farbe).

Rhipidolith (S. 121) — Monoklin — $H_9(Fe,Mg)_5Al_3Si_3O_{20}$ — ἡ ῥιπίς (rhīpís), der Fächer; ὁ λίθος, der Stein (wegen der fächerförmigen Gruppierung der Krystalle).
Prochlorit

Den Namen Prochlorit (πρό = prŏ, vor) gab Dana dem blätterigen Chlorit vom St. Gotthard, der länger bekannt ist als die von Kobell nach den Vorkommnissen im Zillerthal und in der Rauris aufgestellte Art Chlorit.

Korundophilit (S. 121) — Monoklin — $H_9(Fe,Mg)_5Al_3Si_3O_{20}$ — ὁ φίλος (phílos), der Freund (weil er mit dem Korund zusammen vorkommt).

Amesit (S. 121) — Monoklin — $H_4Mg_2Al_2SiO_9$

5. Gruppe des Talks und Serpentins.

(Malako-Habro-Silikate.)

μαλακός (malakós), weich; ἁβρός (babrós), zart, weichlich.

Talk (S. 121)	Monoklin?	$H_2Mg_3[SiO_3]_4$	

Steatit, — von τὸ στέαρ (stéar), das Fett.

Garnierit (S. 121)	?	$H_2(Ni, Mg) SiO_4$ ·	Nach dem Geologen Garnier (der das Mineral zuerst am Mont d'Or fand).

Nickelgymnit, — von γυμνός (gymnós), nackt (nach dem Vorkommen auf den Bare Hills — nackten Hügeln — bei Baltimore).

Speckstein (S. 121)	?	wie Talk	
Seifenstein (S. 121)	?	wie Talk	

Saponit, — von sapo, die Seife.

Meerschaum (S. 122)	?	$H_4Mg_2Si_3O_{10}$	

Sepiolith, — το σηπίον (sēpíon), die Rückenplatte des Tintenfisches, das os sepiae, und Bezeichnung für den Meerschaum.

Bergsalz oder Holzasbest (S. 121)	?		
Serpentin (S. 122)	Rhombisch	$H_4Mg_3Si_2O_9$	serpens, die Schlange.

Ophit, — von ὁ ὄφις (óphis), die Schlange (wegen seines grünlichen gefleckten Aussehens).
Varietäten:
Chrysotil oder Serpentinasbest, — von ὁ χρυσός, das Gold; τὸ τίλμα (tílma), die Flocke.

6. Gruppe des Olivins und Augits.

Olivin.

Olivin (S. 122)	Rhombisch	$(Mg, Fe)_2SiO_4$	Nach der olivengrünen Farbe.

Peridot, — ein von franz. Juwelieren gebrauchter Name, der wahrscheinlich orientalischer Abstammung ist;
Chrysolith, — von χρυσός, das Gold; ὁ λίθος, der Stein.

Forsterit (S. 122)	Rhombisch	Mg_2SiO_4	Nach dem amerikanischen Geologen L. Forster.

Boltonit, — nach der Stadt Bolton in Massachusetts.

Fayalit (S. 122)	Rhombisch	Fe_2SiO_4	Nach der zu den Azoren gehörenden Insel Fayal.

a) Rhombische Reihe.

Augite (S. 123).

Enstatit (S. 123)	Rhombisch	$MgSiO_3$	ὁ ἐνστάτης (enstátēs), der Gegner (wegen der Beharrlichkeit — Unschmelzbarkeit — vor dem Lötrohr).

Bronzit (S. 123, 124)	Rhombisch	$(Mg,Fe)SiO_3$	Nach der Bronzefarbe.

Bastit, — nach seinem Vorkommen an der Baste im Harz;
Schillerspat, — von dem metallartig schillernden Perlmutterglanz.

Hypersthen (S. 123, 124)	Rhombisch	$(Mg,Fe)SiO_3$	ὑπέρ (hypér), über; τὸ σθένος (sthénos), die Kraft (weil er härter ist als die verwandten Mineralien, namentlich die Hornblende).

b) Monokline Reihe.

Diopsid (S. 123, 124)	Monoklin	$MgCa[SiO_3]_2$	δίς (dis), zweimal; ἡ ὄψις (ópsis), der Anblick (weil die Grundform der Krystalle eine doppelte Deutung gestattet);

Sahlit, — nach dem Fundorte Sahla in Schweden.
Malakolith, — von μαλακός (malakós), weich (im Vergleich zum Feldspat), und ὁ λίθος.
Baikalit, — nach dem Baikalsee.
Kokkolith, — von ὁ κόκκος (kókkos), der Kern, die Beere (weil die Krystalle abgerundete Kanten haben und dadurch in rundliche Körner übergehen), und ὁ λίθος.
Funkit, — die Herleitung des Wortes ist unbekannt.

Diallag (S. 123, 124) Smaragdit	Monoklin	s. S. 123	ἡ διαλλαγή (diallagé), die Verschiedenheit (weil er andere Spaltungsrichtungen besitzt als der Augit).
Augit (S. 123, 124)	Monoklin	$(Mg,Fe)Ca[SiO_3]_2 + (Mg,Fe)(Al_2,Fe_2)SiO_6$	ἡ αὐγή (aúgē), der Glanz.

Pyroxen, — von τὸ πῦρ, das Feuer; ὁ ξένος (xénos), der Fremdling (weil man glaubte, das Mineral sei kein Produkt des Feuers, sondern bei Eruptionen zufällig in die vulkanischen Gesteine gekommen).

Varietäten:

Fassait, — nach dem Fassathal in Südtirol; basaltischer Augit; gemeiner Augit; Omphacit, — von ἡ ὄμφαξ (ómphax), die unreife Traube (wegen der Farbe); Akmit, — von ἡ ἀκμή (akmē), die Spitze (wegen der spitzen Enden seiner Prismen).

c) Trikline Reihe (s. S. 123).

Augitähnliche Mineralien.

Spodumen (S. 124, 125)	Monoklin	$Al(Li,Na)[SiO_3]_2$ *)	σπόδιος (spódios), aschfarbig, oder von σποδόω (spodóō), ich brenne zu Asche (weil das Mineral vor dem Lötrohr zu einem Pulver zerfällt).

*) Auf S. 124 muß es heißen $Li_2Al_2Si_2O_6$ statt $Li, Al_2Si_2O_6$.

Triphan, — von τριφανής (triphanḗs), dreifach erscheinend (weil es nach drei Richtungen gleich vollkommen spaltbar ist).

Jadeit (S. 125) — Triklin — $AlNa[SiO_3]_2$ — Nach dem Worte Jade (s. unten bei Nephrit).

Petalit (S. 124) — Monoklin — $Li_2Al_2Si_8O_{20}$ $= 2\,AlLi[Si_2O_5]_2$ — τὸ πέταλον (pétalon), das Blatt (wegen der blätterigen Struktur).
Castorit

In Turmalin führenden Granitgängen von San Piero in Campo (Elba) wurden zwei zusammen vorkommende Mineralien gefunden, die Breithaupt Castor und Pollux nannte. Letzteres ist ein Cäsium-Aluminiumsilikat, $H_2Cs_2Al_2(SiO_3)_5$; ersteres erwies sich als identisch mit dem Petalit.

Hornblenden (S. 123).

a) Rhombische Reihe.

Anthophyllit (S. 123) — Rhombisch — $(Mg, Fe)SiO_3$ — anthophyllum (τὸ ἄνθος = ánthos, die Blume, und τὸ φύλλον = phýllon, das Blatt), die Gewürznelke (wegen der Farbe).

b) Monokline Reihe.

Tremolit (S. 123, 124) — Monoklin — $CaMg_3[SiO_3]_4$ — Nach der Val Tremola in der Schweiz.
Grammatit, — von ἡ γραμμή (grammē), der Strich, die Linie (nach einer von Hauy auf den Rhombenflächen der zerbrochenen Prismen beobachteten, in der Richtung der längeren Diagonale verlaufenden Linie).

Aktinolith (S. 123) — Monoklin — $Ca(Mg, Fe)_3[SiO_3]_4$ — ἡ ἀκτίς (aktís), der Strahl (nach den radialstängeligen Aggregaten.
Strahlstein
Varietäten:
Amiant, — von ἀμίαντος (amíantos), unbefleckt, rein; Asbest, — von ἄσβεστος (ásbestos), unauslöschlich (unverbrennbar); Byssolith, — von ἡ βύσσος (býssos), die Baumwolle; ὁ λίθος, der Stein.

Hornblende (S. 123, 124) — Monoklin — $m(Ca, Mg, Fe, K_2, Na_2)SiO_3 + n(Al, Fe)_2O_3$
Amphibol, — von ἀμφίβολος (amphíbŏlos), zweideutig (wegen der Verwechslung der Krystalle mit Turmalin).
Varietäten:
Pargasit, — nach dem Fundorte Pargas in Finnland; gemeine Hornblende; basaltische Hornblende.

Nephrit (S. 125) — ὁ νέφρος (néphros), die Niere.

(Wegen seiner Verwendung zur Heilung von Nierenkrankheiten. Er diente auch zur Heilung von Ischias, daher lapis ischiadicus, ital. pietra ischada, woraus franz. jade entstanden ist).

7. Gruppe der Sklerite und Granate.

σκληρός (sklērós), hart; granum, das Korn.

I. Thongranate.

Hessonit (S. 125) — Regulär — $Ca_3Al_2[SiO_4]_3$ — ἥσσων (hḗssōn), geringer (im Werte als Hyacinth).
Kaneelstein, — nach der Farbe des Kaneels oder Zimts.

Grossular (S. 125, 126) Erlan	Regulär	$Ca_3Al_2[SiO_4]_3$	grossularia, die Stachelbeere (wegen Farbe und Form).
Almandin (S. 125) edler Granat	Regulär	$Fe_3Al_2[SiO_4]_3$	Von Alabanda, einer Stadt in Carien (Kleinasien).

II. Eisengranate.

Gemeiner Granat (S. 125, 126)	Regulär	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$	

Aplom, — von ἁπλῶς (haplōs), einfach, schlicht (wegen der einfachen Krystallform).
Allochroit, — von ἀλλόχροος (allŏchroos), anders gefärbt (weil er beim Schmelzen seine Farbe verändert).
Andradit, — nach dem Mineralogen d'Andrada.
Topazolith, — von ὁ τόπαζος (tŏpazos), der Topas, und ὁ λίθος, der Stein (weil seine Farbe der des Topases ähnelt).

Melanit (S. 125, 126)	Regulär	$Ca_3Fe_2[SiO_4]_3$	μέλας, schwarz.
Pyrop (S. 125, 126)	Regulär	$Mg_3Fe_2[SiO_4]_3$	πυρωπός (pyrōpŏs), feueräugig.

Kelyphit, — von τὸ κέλυφος (kĕlўphos), die Schale (weil die bei Krems vorkommenden Pyropen von einer bis 1 mm dicken, konzentrisch faserigen, licht graubraunen Schicht schalenartig umgeben sind).

Spessartin (S. 125)	Regulär	$Mn_3Fe_2[SiO_4]_3$	Nach dem Spessart (Fundort: Aschaffenburg).

III. Chromgranate.

Uwarowit (S. 125)	Regulär	$Ca_3Cr_2[SiO_4]_3$	Nach dem Präsidenten der Petersburger Akademie Uwarow.
Turmalin (S. 126) Schörl	Hexagonal, hemimorph	s. S. 127	Turmali ist der ceylonische Name des Minerals (es wurde durch Holländer aus Ceylon nach Europa gebracht).

Varietäten:
Apyrit, — von ἄπυρος (ápyros), ohne Feuer (soviel wie feuerfest); Indigolith, — von der blauen Farbe.

Datolith (S. 127)	Monoklin	$H_2Ca_2B_2Si_2O_{10} = 2Ca[B(OH)].SiO_4$	δατέομαι (dateomai), ich teile; ὁ λίθος, der Stein (wegen der körnigen Absonderung der derben Varietäten).
Gadolinit (S. 113, 127)	Monoklin	$Fe_2Be_2Y_2Si_2O_{10} = 2FeBeYSiO_5$	Nach dem schwedischen Chemiker Gadolin (welcher in diesem von ihm als Ytterbit bezeichneten Minerale die Yttererde entdeckte, s. Chemie, S. 276).

Euklas (S. 127)	Monoklin	$Be[Al(OH)] SiO_4$	εὐ (eu), gut, wohl; κλάω, ich spalte.
Staurolith (S. 127)	Rhombisch	$(Fe,Mg)_3(Al_2)_6 H_2Si_6O_{34}$	ὁ σταυρός (staurós), das Kreuz; ὁ λίθος, der Stein (wegen der Zwillinge).
Andalusit (S. 127)	Rhombisch	$[AlO]_2SiO_3$	Weil das Mineral zuerst aus Spanien, angeblich aus Andalusien kam.
Chiastolith, — χιάζω (chiāzo), etwas mit einem X bezeichnen (s. S. 127).			
Disthen (S. 127)	Triklin	$[AlO]_2SiO_3$	Von δίς (dis) und τὸ σθένος (sthénos), von zweierlei Kraft (wegen der verschiedenen Härte der beiden Spaltungsflächen).
Cyanit, — von κυάνεος (kyáneos), blau.			
Wernerit (S. 127, 128)	Tetragonal	$Ca_3(Al_2)_2Si_6O_{21}$	
Skapolith, — von ὁ σκᾶπος (skápos), der Stab (wegen der lang säulenförmigen Krystalle) und ὁ λίθος, der Stein.			
Axinit (S. 127, 128)	Triklin	$Al_3.[BO] Ca_4H_2[SiO_4]_5$	ἡ ἀξίνη (axinē), das Beil (wegen der Gestalt der Krystalle).
Idokras (S. 127, 128)	Tetragonal		ἡ ἰδέα (idéa), die äußere Gestalt; ἡ κρᾶσις (krásis), die Mischung (weil in den Krystallen Gestalten anderer Spezies gemischt vorkommen).
Vesuvian, — nach dem Vesuv, dem Fundorte des Minerals.			
Epidot (S. 127, 128)	Monoklin	$Ca_4(Al_2,Fe_2)_3 H_2Si_6O_{26}$ $= 2Ca_2[AlOH]Al_2[SiO_4]_3$ *)	ἡ ἐπίδοσις (epídŏsis), die Zugabe

*) In der Formel S. 128 steht Si statt Si_6.

(Die Basis des Prismas ist bei der Stellung, welche Hauy den Krystallen gab, ein Rhomboid; zwei Seiten haben daher gegenüber der rhombischen Basis der Hornblende — man betrachtete den Epidot früher als Varietät der Hornblende — eine Verlängerung [Zugabe] erhalten.)

Pistazit, — von ἡ πιστάκια (pistákia), die Pistazie (wegen der Farbe).

Zoisit (S. 125, 128)	Rhombisch	wie beim Epidot	Nach dem österreichischen Mineralogen Baron v. Zois.

Der Saussurit (S. 125; nach v. Saussure, der ihn zuerst am Genfer See fand) ist ein Gemenge von Plagioklas mit Zoisit.

Zirkon (S. 128)	Tetragonal	$ZrSiO_4$	

Zirkon ist vielleicht ein ceylonisches Wort oder es hängt mit jargon zusammen, womit die französischen Juweliere Steine bezeichneten, die dem Diamant ähnlich sind.

Hyacinth, — ὁ ὑάκινθος (hyákinthos), die Hyacinthe.

Gruppe der Edelsteine.

Topas (S. 128)	Rhombisch	$5\,Al_2SiO_5 + Al_2SiFl_{10}$	Nach der Insel Topazos im Roten Meere (das im Altertum so benannte Mineral war indes Chrysolith).
Beryll (S. 128)	Hexagonal	$Be_3Al_2[SiO_3]_6$	τὸ βηρύλλιον (bērýllion), und ὁ σμάραγδος (smáragdos) waren schon bei den Griechen gebräuchliche Namen.

Varietäten:
Smaragd; Aquamarin, — von aqua marina, Meerwasser (wegen der Farbe).

Chrysoberyll (S. 90)	s. S. 664	s. S. 664	

Cymophan, — von τὸ κῦμα (kýma), die Welle; φανός (phānós), leuchtend (wegen des Opalisierens).

Alexandrit, — erhielt seinen Namen vom Ober-Bergintendanten v. Nordenskiöld, weil der durch seinen Farbenwechsel ausgezeichnete uralische Chrysoberyll gerade am Tage der Volljährigkeit des Großfürsten Alexander Nikolajewitsch (1833) in Sibirien entdeckt wurde.

Anhang: Meteorite, Meteorsteine.

(S. 129.)

Meteorite, — von μετέωρος (mĕtéōros), in der Luft schwebend.

Holosideren, — von ὅλος (hólos), ganz
Syssideren, — von συν (syn), zusammen
Sporasideren, — von σποράς (sporás), zerstreut
} und ὁ σίδηρος, das Eisen.

Asideren, — von ὁ σίδηρος, das Eisen, mit vorangesetztem α privativum (vgl. S. 264, Anm.), also ohne Eisen.

Chondrit, — von ὁ χόνδρος (chóndros), das Korn.

Schreibersit, — nach dem österreichischen Naturforscher v. Schreibers.

Chladnit, — nach dem Physiker Chladni.

Shepardit, — nach dem Mineralogen Shepard, der sich besonders mit der Untersuchung der Meteorsteine beschäftigt hat.

Eukrit, — von εὔκριτος (eúkritos), deutlich, wohl bestimmbar.

Shalkit, — nach dem Fundorte Shalka in Ostindien.

10. Klasse: Organische Verbindungen: Organogene Mineralien, Inflammabilien (brennbare Mineralien).

1. Gruppe der organischen Salze.
(S. 130.)

Oxalit Humboldtin, — nach A. v. Humboldt.	?	$2\,FeC_2O_4$ $+ 3\,H_2O$	von ἡ ὀξαλίς (oxalís), der Säuerling, saure Wein (der Oxalit ist ein Salz der Oxalsäure).
Honigstein	Tetragonal	$Al_2C_{12}O_{12}$ $+ 18\,H_2O$	

Mellit, — von τὸ μέλι (méli), der Honig (wegen der Farbe).

2. Gruppe der Erdharze und Erdöle.
(S. 130.)

Bernstein — $C_{40}H_{64}O_4$
Succinit, — von succinum, der Bernstein (succus, der Saft).

Rhetinit, — von ἡ ῥητίνη (rhētínē), das Harz.

Kopalin, — von Kopal (mexikanisch kopalli).

Elaterit, — von ἡ ἐλάτη (ĕlátē), die Fichte.

Scheererit, — nach dem schweizerischen Oberst v. Scheerer.

Idrialit, — nach dem Fundorte Idria in Krain.

Ozokerit, — von ὄζω (ózō), ich rieche, und ὁ κηρός (kērós), das Wachs.

Petroleum, — von ὁ πέτρος (pétros), der Stein und oleum, das Öl.

Naphtha = griech. τὸ νάφθα, das Erdöl.

Asphalt = griech. ἡ ἄσφαλτος, der Asphalt.

Bitumen = lat. bitumen, das Erdpech.

3. Gruppe der Kohlen.
(S. 132.)

Anthracit, — von ὁ ἄνθραξ (ánthrax), die Kohle.

Lignit, — von lignum, das Holz.

Umbra, — von der ehemaligen Provinz Umbrien in Mittelitalien.

II. Zur Geologie.

A. Über Höhlen (Spelaeologie).

a) Allgemeines.

Wenn man unter Höhlen Hohlräume im Erdinnern versteht, so setzt man dabei stillschweigend voraus, daß sowohl solche, welche einen Zutritt von der Erdoberfläche aus gestatten, wie solche, die noch unerschlossen des forschenden Weiterdringens der menschlichen Thätigkeit zur Öffnung harren, einbegriffen sind. Daß solche Räume vorhanden sind, wissen wir aus den unterirdischen Flußläufen, die wir in vielen Gegenden der Erde, z. B. in Krain kennen; aus den Schlundbächen, d. h. Wasserläufen, die plötzlich im Erdboden verschwinden; aus den Katabothren Griechenlands, d. h. seeartigen Ansammlungen von Wasser, die sich oft verringern, um dann wieder mächtig hervorzutreten; endlich aus den Meermühlen (Argostoli auf Korfu), bei denen das Meer in Schlünde hineinstürzt; und wir haben allen Grund anzunehmen, daß bei vielen Gebirgen, vor allen den Kalkstein- und Gipsgebirgen, zahlreiche oft miteinander in Verbindung stehende unterirdische Höhlungen vorhanden sind, die sich durch Auswaschung derart erweitern können, daß sie unter dem Gewichte der darüber lastenden Erdschicht einstürzen. Manche werden durch Tunnelbauten erschlossen, wie die großartige Himmelfahrthöhle am Südharz, die beim Tunnelbau zwischen Ellrich und Walkenried am 8. Juli 1868 im dolomitischen Kalkstein aufgefunden wurde, andere werden durch den Bergbau entdeckt, wie die Höhle bei Wimmelsburg, wieder andere endlich durch Verfolgung der Wasserläufe oder kleiner Kommunikationsröhren. In jedem Jahre findet man neue Höhlen auf; so entdeckte man die Fortsetzung des Heppenlochs in Württemberg, die Tekeyhöhle in Siebenbürgen, den Lauf des Bramabiau im Departement Gard, und die Zeitschriften über Höhlenkunde [1]) geben darüber Nachricht. Viele der berühmtesten Höhlen, wie die Dechenhöhle in Westfalen und die Hermannshöhle am Harz, sind ja erst in jüngster Zeit aufgefunden und erforscht. Auch die Höhlen der fremden Erdteile werden jetzt untersucht und werden entsprechende Aufschlüsse geben. In früheren Zeiten wurden die Höhlen als der Sitz böser Geister vielfach gemieden, anderseits allerdings auch wieder in der Hoffnung auf Gewinnung von Erzen untersucht.

Die Zahl der Höhlen anzugeben ist daher nicht ausführbar, zumal eine Unterscheidung zwischen solchen und Höhlungen schlechthin sich nicht allenthalben mit Sicherheit machen läßt; nur in sehr gut durchforschten Gebieten ist eine näherungsweise Schätzung möglich. So werden in Bayern, wo namentlich der Fränkische Jura reich an Höhlen ist, deren 109 aufgezählt; aber auch da wird man nicht selten im Zweifel

[1]) Spelunca; Sousterre; Mitteilungen der Sektion für Höhlenkunde des österreichischen Touristenklubs, von denen jedoch nur die Jahrgänge 1882 bis 1888 erschienen sind.

sein, welche Höhlungen man thatsächlich zu den Höhlen zu rechnen hat. Wir pflegen mit dem letzteren Namen die Hohlräume mit engem Ausgange zu bezeichnen, die sich mehr oder weniger weit horizontal unter der Erdoberfläche (bezw. in dieselbe hinein) erstrecken; aber alle die Bezeichnungen wie Loch, Grotten, Kirchen, Keller, Lucke, Balme, Höhlen, Dolinenhöhlen gehören hierher, ebenso die französischen abîmes, d. h. Höhlen mit vertikaler Erstreckung. Viele Schluchten haben vollständigen Höhlencharakter, wie die Schlucht von Pfäffers und die Gorges du Trient in Wallis (vergl. S. 481), ebenso manche Tobel, bei denen die Bergwände einander nach oben hin so nähern, daß man sofort die Höhlenähnlichkeit erkennt. Man ist daher nicht berechtigt, solche Aufzählungen als abgeschlossen zu betrachten. Für eine allgemeine Vorstellung der Verhältnisse wird man immer die ausgeprägten charakteristischen Vorkommnisse als Ausgangspunkt wählen.

Die Verbreitung der Höhlen den einzelnen Ländern nach anzugeben, hat nur insofern Wert, als dadurch die Geographie einen Beitrag erhält. Als wissenschaftliches Einteilungsprinzip kann jedoch die geographische Gruppierung nicht dienen; weit besser eignet sich dazu das Material, das Gestein, in dem die Höhlen ausgebildet sind.

Aber auch andere Einteilungsprinzipien (Gestalt, Inhalt, physikalische Eigenschaften) kann man zu Grunde legen, so daß derartige Gruppierungen immer Anhaltspunkte für die Eigenschaften der Höhlen geben.

Am wenigsten zahlreich und hervortretend sind die Höhlen im Urgebirge, in dem sie meist nur geschlossenen Klüften und Spalten gleichen: Urgebirgshöhlen im Gneis und Glimmerschiefer. Zu ihnen gehören die Krystallhöhlen (Krystallkeller) am St. Gotthard, sowie die Klufthöhlen in Skandinavien (bei Frederikshall), die sich durch beträchtliche Tiefe auszeichnen (man hört das Aufschlagen eines hineingeworfenen Steines nach $1^1/_2$ bis 2 Minuten, woraus sich eine Tiefe von 11000 m berechnet). Die in jüngeren Eruptivgesteinen befindlichen Höhlen haben schon eine bedeutende Ausdehnung und zeigen viel Eigentümliches (Fingalshöhle auf Staffa in Basalt, die Käsgrotte, Fig. 372 a. f. S., bei Bertrich i. d. Eifel, die Surtshellir in Irland, die über 8 km lange Höhle bei Portland), und auch die neueren Laven zeigen große Mengen von Höhlen und höhlenartigen Gebilden: Lavahöhlen. Bei weitem die meisten Höhlen finden sich in den Gebirgen, deren Gestein dem durch Lösung oder mechanischen Transport wirkenden Wasser einen geringeren Widerstand entgegenzusetzen vermag. Die verschiedenen Tuffe, die aus krystallinischen oder Sedimentgesteinen durch die Einwirkung des Wassers entstanden sind, enthalten oft Höhlen: Tuffhöhlen, z. B. die Höhle von Urach in Schwaben. Ferner kommen im Sandstein und Mergel, die leicht einer mechanischen Zertrümmerung unterliegen, vor allem aber in Gips, Dolomit, Kalkstein und dolomitischem Kalkstein sehr häufig Höhlen vor, und namentlich die letzteren beiden Gesteine bilden bei den meisten Höhlen das Material. Man unterscheidet also noch Sandsteinhöhlen (oft unter künstlicher Beihilfe entstanden, — Schwedenhöhle in der Sächsischen Schweiz), Gipshöhlen (Marienhöhle, Barbarossahöhle in Thüringen) und Kalksteinhöhlen, zu denen man auch die Höhlen im dolomitischen Kalkstein rechnet (Einhornhöhle, Baumannshöhle

im Harz, die Höhlen des Fränkischen und Schwäbischen Jura, die englischen und belgischen Höhlen).

Vom geotektonischen Gesichtspunkte aus hat man die Höhlen wohl eingeteilt in vulkanische Höhlen (Blasenhöhlen), Grottenhöhlen, wie sie sich in großer Zahl an allen Meeresküsten mit Steilufern finden, und in Erosionshöhlen (in den Sedimentgesteinen), bei denen man dann wieder Etagenhöhlen, Einsturzhöhlen, Spaltenhöhlen, Stollenhöhlen und andere Gruppen unterscheiden kann, Namen, welche ohne weiteres eine charakteristische Eigenschaft der betreffenden Höhlen angeben. Auf die Gestalt beziehen sich auch die Ausdrücke Schlauchhöhlen, Sackhöhlen, Gewölbehöhlen, Klufthöhlen, wobei man noch unterscheidet, ob sie am Ende geschlossen sind oder in tiefgehende Klüfte oder Abgründe ausgehen.

Fig. 372.



Elfengrotte (Käsgrotte) bei Bertrich.
(Nach einer photographischen Aufnahme von Fritz Kranz, Cochem u. Bertrich.)

Auch der Inhalt der Höhlen hat vielfach das Einteilungsprinzip gegeben. Die Tropfsteinhöhlen sind die besuchtesten von allen. Die Hermannshöhle am Harz, die Baradla in Ungarn, die Adelsberger Grotte und viele andere sind hervorragende Anziehungspunkte für die Touristen. Die wunderbaren Formen der Stalaktiten und Stalagmiten (herabhängende und vom Boden emporragende Gebilde aus Calciumkarbonat, vergl. S. 190), über deren Entstehung später (S. 701) ausführlicher gesprochen wird, geben eines der merkwürdigsten und großartigsten Naturbilder. Wasserhöhlen nennt man solche, die Wasserläufe, Wasseransammlungen der mannigfachsten Art, Teiche, Wasserfälle u. s. w. enthalten, was auch bei vielen Tropfsteinhöhlen der Fall ist. Einzelne Teile der Adelsberger Grotte, deren Gesamtverlauf der beistehende Plan (Taf. IX) zeigt, der zugleich ein anschauliches Bild ihrer nahezu 8 km betragenden Ausdehnung

bietet, werden vom Poikflusse, die Rekahöhle bei Triest von der Reka, die Mammuthöhle in Kentucky (Mammoth cave) von zahlreichen Wasseransammlungen (Styx, Echo river u. s. w.) durchströmt. In Höhlen, die nicht viel begangen werden, können diese Wasseransammlungen gefährlich werden; die teichartigen schwellen manchmal an und verschwinden zu anderen Zeiten, so daß die Höhle dann eine ganz andere Physiognomie erhält, wie dies bei den Gipshöhlen am Südharz der Fall ist (Heckersloch, Heimkehle?), oder die Bäche schwellen durch Schnee und Regenwasser an und können dadurch dem unvorsichtigen Besucher gefährlich werden. So wurden im Lueg Loch (Lurgrotte, Lurloch) bei Semriach in Steiermark im Jahre 1894 7 Grazer Touristen durch das Anschwellen des Lurbaches vom 28. April bis zum 7. Mai eingeschlossen und konnten erst nach Sprengung von Felsen durch Pioniere befreit werden. Die Rettungsarbeiten verursachten einen Kostenaufwand von 15000 Gulden. Man unterscheidet auch wohl Wind- oder Äolshöhlen, in denen ein starker Luftzug herrscht. Über die Eishöhlen, Höhlen, die auch im Sommer Eis bergen, dessen Ursprung noch nicht sicher erklärt ist, wird in einem besonderen Abschnitte gehandelt (S. 696 ff.); ebenso werden die Knochenhöhlen (Höhlen im Fränkischen Jura und anderwärts), die für die Paläontologie so wichtig geworden sind und eine große Ausbeute von Überresten der diluvialen Tierwelt gegeben haben, bei dem Abschnitte „Höhlenbewohner“ (S. 703 ff.) ihre Erörterung finden.

Manche Höhlen sind wegen der sich darin findenden Gasausströmungen bemerkenswert. So findet in der Grotte des Fées in Unterwallis eine Ansammlung von Kohlendioxyd statt (s. S. 426), ebenso in dem Creux-de-Souci (Puy-de-Dôme), und über die Hundsgrotte bei Neapel sowie die Dunsthöhle bei Pyrmont wurde bereits gesprochen (S. 425). In den Schwefelhöhlen am Büdös in Siebenbürgen entströmen dem Erdinnern reichliche Mengen von Schwefeldioxyd.

Auch nach der in den Höhlen herrschenden Temperatur kann man verschiedene Gruppen unterscheiden. Es giebt Höhlen mit hoher Temperatur (heiße Höhlen), wie die Grotte von Monsummano in Toscana; ferner — und das ist der häufigste Fall — Höhlen mit konstanter gleichmäßiger Temperatur, die der durchschnittlichen Jahrestemperatur der Gegend entspricht oder nur wenig höher liegt, und endlich kalte Höhlen, deren Temperatur fortwährend unterhalb der Temperatur der Gegend liegt; zur letzten Gruppe gehören auch die Eishöhlen.

Die rein geognostische Einteilung nach den Formationen: Höhlen des Urkalks (Höhlen von Antiparos), des Devons (Slouperhöhlen in Mähren), des Kohlenkalks (Karbonkalks), des Jura (Kirkdale in England) u. s. w. ergiebt sich aus der Übersicht über die Formationen (vergl. S. 198 u. ff.) und den geologischen Karten, die man zu Rate ziehen muß.

Nach diesem allgemeinen Überblick mögen nun einige nähere Ausführungen folgen. Hierbei könnte man auch den Weg einschlagen, daß man einzelne Höhlen beschreibt und diesen Einzelbeschreibungen die chemischen, physikalischen und biologischen Verhältnisse anschließt; oft werden auch beide Wege miteinander verbunden, wie in dem großen Werke von Martel, Les abîmes etc.

Außer den obengenannten Zeitschriften, die eine Fülle zerstreuten Materials enthalten, sind zusammenfassende Werke über die Höhlen vorhanden von F. Kraus[1]), B. Dawkins[2]), D. Adams[3]) und das eben erwähnte von E. A. Martel[4]), und nebenher weisen besondere Erscheinungen eine umfangreiche und weit verzweigte Litteratur auf, wie dies bei den Eishöhlen der Fall ist[5]). Auch über amerikanische Höhlen ist ein größeres Werk von Hovey erschienen[6]).

b) Entstehung der Höhlen.

Was die Entstehung der Höhlen anbetrifft, so unterliegt es keinem Zweifel, daß manche von ihnen so alt sind, wie das Gestein, in welchem sie sich finden. Dies ist bei solchen Gesteinen der Fall, die sich ursprünglich im feurig-flüssigen Zustande befanden, und in denen sich beim Erstarren Blasenräume bildeten. Die bereits erwähnten Krystallkeller sind derartige Höhlen; in ihnen sammelte sich später eine mit Kieselsäure gesättigte Lösung an und gab zur Entstehung der herrlichen Bergkrystalle Veranlassung, wie sie z. B., vom St. Gotthard herrührend, im naturhistorischen Museum in Bern ausgestellt sind. Auch die Lavahöhlen (S. 687) sind ähnlichen Ursprungs; indem die geschmolzene Masse an der Oberfläche erstarrt, im Innern aber noch weiter fließt, entstehen Hohlräume von größerer oder geringerer Ausdehnung, deren Vorhandensein sich durch den dumpfen Ton zu erkennen giebt, den der Schritt des darüber Wandernden hervorruft. Auch der von Martel erforschte und auf S. 387 seines eben erwähnten Werkes beschriebene Creux-de-Souci, der in der Nähe der Stadt Besse-en-Chandesse in der Auvergne (vgl. S. 222) liegt, ist vermutlich auf ähnliche Weise entstanden, während die meisten Basalthöhlen der erodierenden Thätigkeit der Meereswellen ihren Ursprung verdanken (s. S. 520).

Die weitaus größte Zahl der Höhlen bildete sich jedoch erst nach Ablagerung der sie umschließenden Gesteine. Sie verdanken in erster Linie ihre Entstehung der erodierenden Thätigkeit des Wassers und werden deshalb Erosionshöhlen (S. 688) genannt. Zu ihnen gehören auch viele, in denen sich gegenwärtig kein Wasserlauf mehr findet, in denen aber deutlich die

---

[1]) F. Kraus, Höhlenkunde. Wege und Zweck der Erforschung unterirdischer Räume, mit Berücksichtigung der geographischen, geologischen, physikalischen, anthropologischen und technischen Verhältnisse. Wien, C. Gerolds Sohn.

[2]) W. B. Dawkins, Die Höhlen und die Urbewohner Europas (deutsch von J. W. Spengel). Leipzig, Winter.

[3]) Davenport Adams. Famous caverns and grottoes. London, Nelson.

[4]) E. A. Martel, Les abimes, les eaux souterraines, les cavernes, les sources, la spélaeologie. Paris, Delagrave.

[5]) Über Eishöhlen ist das Wichtigste zusammengestellt in B. Schwalbe, Über Eishöhlen und Eislöcher. Berlin, Gärtners Verlag (vergl. auch E. Fuggers Programme, Salzburg, 1888 bis 189). Geschichtlich: Rosenmüller und Tillesius, Beschreibung merkwürdiger Höhlen. Leipzig 1805 (auch in Gehlers Wörterbuch).

[6]) H. C. Hovey, Celebrated American Caverns especially Mammoth, Wyandot and Luray, together with historical, scientific and descriptive notices of caves and grottoes in other lands. Cincinnati, Clarke.

Spuren der Wasserwirkung erkennbar sind. Man hat für diese trockenen Wasserhöhlen die allerdings nicht allgemein angenommene Bezeichnung Grotten vorgeschlagen. Das durch Klüfte und Spalten in die Erdrinde eingedrungene Wasser bewegt sich innerhalb derselben weiter (vergl. S. 466 ff.), und dabei werden sowohl die Klüfte, längs deren das Wasser einsickert, als auch die Fugen (s. u.), längs deren es vorzugsweise weiterströmt, allmählich erweitert. Aus jenen entstehen die Erosionsschlünde, aus diesen die unterirdischen, sich allmählich zu Wasserhöhlen erweiternden Flußläufe. Letztere gleichen vollständig den oberirdischen Flußläufen mit ihren Verästelungen und seitlichen Zuflüssen, die sie indes nicht selten von der Decke und von den Seitenwänden der Kanäle aus erhalten, die sie durchströmen. Ihr Gefälle ist sehr verschieden; verhältnismäßig groß ist es bei der von Martel erforschten Höhle des Bonheurflusses, der am nördlichen Abhange der Cevennen im Departement Gard entspringend nach kurzem Laufe in eine Wasserhöhle von etwa 700 m Länge eintritt und diese in einem am Ende einer tief eingeschnittenen Schlucht liegenden Wasserfalle, dem Bramabiau, wieder verläßt. Das Gefälle beträgt auf dieser Strecke 80 m, also 1 : 8,7. Fast eben so groß ist es bei der Höhle der Katabothre von Berzova, wo es auf 4000 m 335 m (ungefähr 1 : 12) beträgt. Einen geringen Betrag besitzt es dagegen bei einer Höhle, die von dem Boden einer auf dem Plateau von Larzac (Departement Aveyron) gelegenen Schlucht (Mac-Raynal) zur Quelle der Sorgues sich hinzieht. Ihre Neigung beträgt bei einer Länge von 2,4 km nur 15 bis 20 m (1 : 120), sie ist also nahezu horizontal.

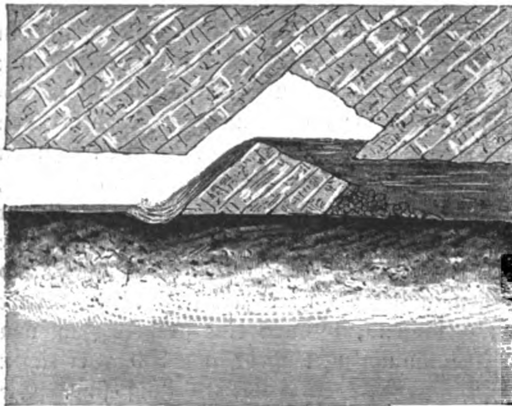
Wie an der Erdoberfläche wirkt auch in der Erdrinde das Wasser in doppelter Weise, einmal mechanisch (erodierend), sodann chemisch (auflösend; korrodierend = auslaugend). In der Regel finden beide Wirkungen nebeneinander statt, indem bald die eine, bald die andere mehr hervortritt. Den Ausgangspunkt für die Thätigkeit des Wassers bilden die erwähnten Spalten und Klüfte, die sich in größerer und geringerer Zahl in jedem Gestein, namentlich aber in den Kalkgesteinen der verschiedensten Formationen finden (s. S. 210). Man kann in ihnen zwei Systeme von Spalten unterscheiden: die Schichtfugen, welche die einzelnen Kalkbänke voneinander trennen, also den Schichtenflächen parallel laufen, und die Diaklasen[1]), welche, senkrecht oder schräg zu den Schichtflächen verlaufend, oftmals eine größere Zahl von Schichten durchsetzen und eine Ausdehnung von mehr als 100 m erreichen können, nicht selten aber auch nur Bruchteile eines Meters lang sind. Sie verdanken ihre Entstehung den verschiedensten Ursachen, wie dem Austrocknen der ursprünglich feuchten Sedimente, oder den Zug-, Druck- und Torsionswirkungen, die noch fortwährend in der Erdrinde stattfinden. Durch diese beiden Systeme von Spalten wird das gesamte Gestein in eine große Zahl von unregelmäßigen Polyedern gespalten, deren Trennungsflächen den unterirdischen Gewässern von selbst den Weg anweisen. Je größer daher die Zahl der ursprünglich vorhandenen Spalten ist, ein um so reicher verzweigtes Netz von unterirdischen Flußläufen kann sich ausbilden. So beträgt die Gesamt-

[1]) Von διά = diá, durch, und κλάω = kláō, ich spalte.

länge der bis jetzt bekannten unterirdischen Kanäle im Bramabiau auf einem Flächenraume von etwa 10 ha (500 m lang und 200 m breit) schon mehr als 6 km, und bei weitem nicht alle konnten erschlossen werden. „Die Natur scheint sich hier darin gefallen zu haben, selbst unwiderleglich den Nachweis zu liefern, daß die Höhlen in vielen Fällen lediglich aus den bereits vorhandenen Brüchen des Bodens entstanden sind, die späterhin durch die wilden Gewässer vergrößert wurden", sagt Martel, der Erforscher des Bramabiau.

Die Erweiterung der Spalten erfolgt zunächst hauptsächlich durch die lösende Thätigkeit des Wassers. Die Mengen fester Bestandteile, welche auf diesem Wege fortgeführt werden, sind durchaus nicht unbedeutend. Kraus führt in seiner „Höhlenkunde" an, daß das sehr reine Wasser des Kaiserbrunnens, welcher den Hauptteil des Wassers für die Wiener Hochwasserleitung liefert, in 10000 Tln. 1,385 Tle. gelöster fester Bestandteile enthält, das der Sixtensteiner Quelle, die ebenfalls zu jener Wasserversorgung beiträgt, 2,452 Tle. Trotz dieses geringen Gehaltes entführen allein diese beiden Quellen dem Gebirge jährlich etwa $4^{1}/_{4}$ Millionen Kilogramm fester Bestandteile, die einen Raum von 1570 cbm einnehmen. Reines Wasser vermag allerdings nur verschwindend kleine Mengen von Calciumkarbonat aufzulösen. Die Löslichkeit dieser Verbindung wächst jedoch, wie bereits mehrfach hervorgehoben wurde, in dem Maße, in dem das Wasser Kohlensäure aufnimmt, und das geschieht namentlich, wenn es durch den Humusboden hindurchsickert, in welchem organische Stoffe einer langsamen, von der Entstehung von Kohlendioxyd begleiteten Zersetzung unterliegen. Analysen haben ergeben, daß derartiges Wasser zehnmal so viel Kohlendioxyd enthalten kann als solches, welches nur mit der Atmosphäre in Berührung war (62,6 und 681,26 Tle. Kohlendioxyd in 10000 Tln. Wasser). Auch andere Umstände, wie hoher Druck und erhöhte Temperatur können die lösende Wirkung des Wassers erhöhen, so daß es sich beim Lösungsvorgang im allgemeinen um einen unter sehr komplizierten Bedingungen verlaufenden Prozeß handelt.

Fig. 373.



Syphonbildung durch Deckensturz.
(Nach Kraus, Höhlenkunde.)

Sind alsdann die Spalten derartig erweitert, daß der dem durchfließenden Wasser entgegengesetzte Widerstand kleiner und demgemäß die Strömungsgeschwindigkeit hinreichend groß wird, so tritt zu der noch fortwirkenden lösenden die mechanisch erodierende Thätigkeit des Wassers hinzu. Über die

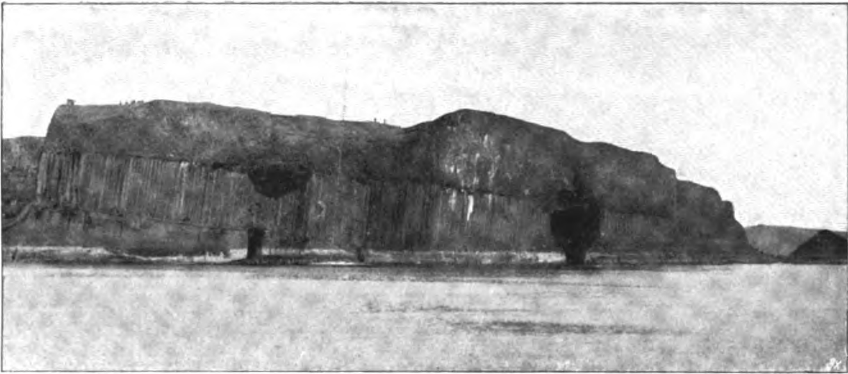


Fig. 374. **Insel Staffa.**

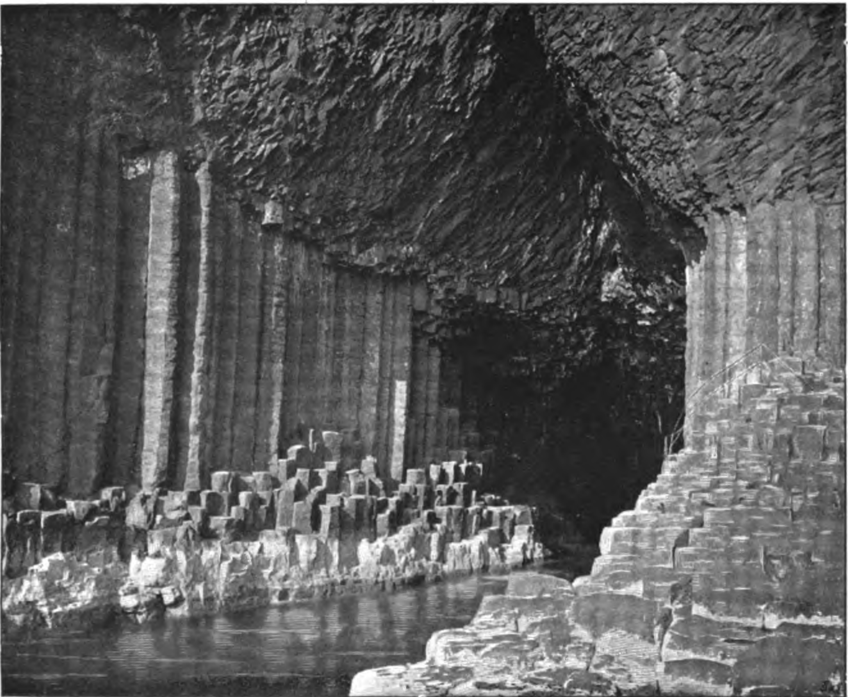


Fig. 375. **Die Fingalshöhle auf der Insel Staffa.**
(Fig. 374 u. 375 nach Photographieen von W. M. Spooner & Co., London.)

gewaltigen mechanischen Wirkungen, die das fließende Wasser an der Erdoberfläche hervorzurufen vermag, wurde bereits gesprochen (S. 476 ff.). Das dort Gesagte illustriert auf das Beste die Vorgänge, die sich im Erdinnern vollziehen und zur Entstehung der Höhlen führen. Auch der Verlauf der unterirdischen Flußbecken ist selten ungestört; Wasserfälle von oft recht beträchtlicher Höhe oder, nach Ablenkung des Wasserlaufes, Etagen von jähem Absturz wechseln ab mit Teilen von geringer Neigung gegen den Horizont. Der Wasserkanal zeigt Krümmungen nach links oder rechts, je nach dem Grade des Widerstandes, welcher der erodierenden Wirkung des Wassers durch das angrenzende Gestein oder durch sogen. Syphons (vergl. Fig. 373) entgegengesetzt wird. Mit diesem Namen bezeichnet man Barren, die sich im Wasserlaufe finden, und die entweder durch größere, von der Decke der Höhle abgebrochene Gesteinsblöcke oder durch kleinere, nachträglich mittels Lehm verkittete Felstrümmer hervorgebracht werden. Ebenso zeigen sich in dem Gestein sehr häufig nischenförmige Auswaschungen, wie man sie auch an oberirdischen Flußläufen wahrnehmen kann, und endlich wechseln auch bei den Höhlenwässern Perioden des Hochwasserstandes mit solchen von niedrigem Wasserstande ab, so daß man bisweilen mehrere etagenförmig übereinander liegende Flußbetten vorfindet, deren Natur sich durch das aus abgerundeten Steinen bestehende Geröll in unzweideutiger Weise zu erkennen giebt. Das meist trübe gefärbte Hochwasser führt eine große Menge von Sedimenten mit sich, die ihrerseits wiederum eine ausscheuernde Wirkung auf die Höhlenwandung ausüben. Selbst große Felsblöcke werden vom Hochwasser eine Strecke weit mit fortgeführt, bis sie dann an einer engen Stelle liegen bleiben oder durch den gewaltigen Anprall zertrümmert werden.

Außer dem Kalkstein unterliegt namentlich der Gips der lösenden Thätigkeit des Wassers und darum sind Kalk- und Gipsgebirge die klassischen Fundstätten für Höhlen (s. S. 210). Die Gipsschlotten am Südharz und die Erdfälle, welche auf den Einsturz der nach dem Auslaugen des Gipses entstandenen Hohlräume zurückzuführen sind, wurden bereits S. 448 erwähnt. In manchen Fällen scheint der Gips durch einen eigentümlichen Umwandlungsprozeß des Kalksteins entstanden zu sein. Wie Bischof[1]) nachgewiesen hat, bildet sich dieses Mineral beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in Kreide, die mit Wasser zu einer milchigen Flüssigkeit angerührt ist, ohne daß sich Schwefel ausscheidet. Derselbe Prozeß scheint sich an manchen Stellen im Kalkgebirge unter der Wirkung von schwefelwasserstoffhaltigen Quellen, namentlich von Thermalquellen, vollzogen zu haben, und manche Höhlen, deren Wände mit Gips ausgekleidet sind, scheinen auf diese Weise entstanden zu sein. Mit Sicherheit kann man dies für die in Steiermark gelegene Krausgrotte annehmen.

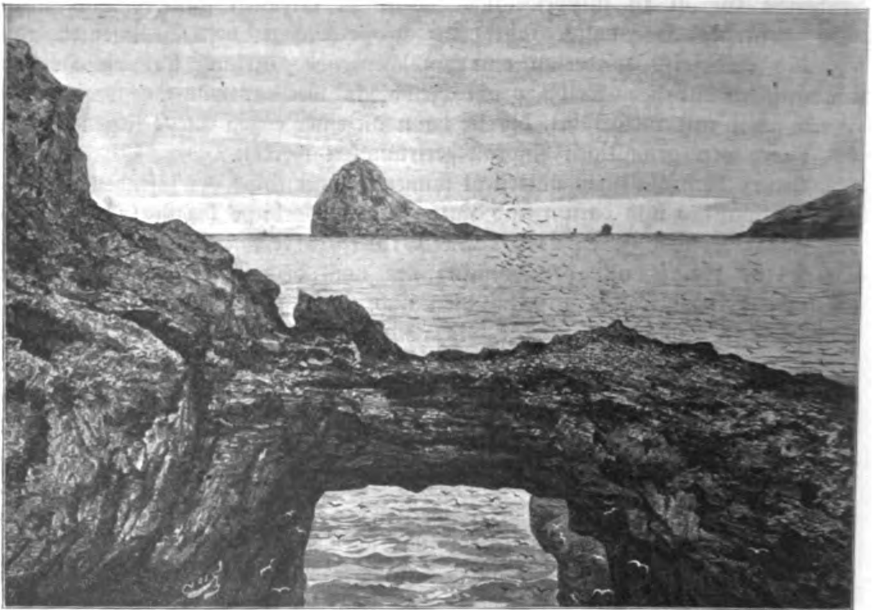
Die Entstehung von nischenförmigen Halbhöhlen durch die erodierende Thätigkeit der Brandungswelle wurde bereits S. 520 erwähnt. Die Fingalshöhle auf der zu den Hebriden gehörenden Insel Staffa (Fig. 374 zeigt eine Ansicht der Inselküste, während die Fingalshöhle selbst in Fig. 375 dargestellt

---

[1]) In seinem Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie.

ist), sowie die auf derselben Insel gelegene Wasserrabenhöhle (Cormorants cave), ebenso die Höhlen von Capri sind weltberühmt geworden. Auch anderwärts finden sich derartige Strandhöhlen, wie an der griechischen Küste (Kavo grosso bei Gargliano, bei Navarin), an dem Teile der französischen Kanalküste, der von den Falaisen gebildet wird, und auf der Insel Corsica. Nicht selten findet man diese Halbhöhlen in beträchtlicher Höhe über dem Meeresspiegel; der Umstand jedoch, daß sie in alten Strand- und Uferlinien (S. 432) gelegen sind, erhebt ihre Entstehung durch die Thätigkeit der Brandungswelle über allen Zweifel. Allerdings darf nicht außer acht gelassen werden, daß auch andere Ursachen gerade diese Halbhöhlen zu erzeugen vermögen. So stellen manche von ihnen ohne Zweifel die Überreste größerer, durch Einsturz verschwundener Höhlen dar, und andere wiederum sind, wie Kraus hervorgehoben hat, Produkte der Thätigkeit des Windes, welcher in den einspringenden Ecken der Wände wenig widerstandsfähiger Gesteinskonglomerate Sandkörner und kleine Steine losreißt, bis auch größere Steine gelockert werden und herabfallen. So kann eine ansehnliche Vertiefung erzeugt werden, deren Decke von einer festeren Bank gebildet wird.

Fig. 376.



Naturbrücke im Basalt auf Sandöe, Färöer-Inseln.

Den Halbhöhlen reihen sich die Felsenthore (Naturbrücken), Fig. 376, an, von denen viele ebenfalls Produkte der Thätigkeit der Brandungswellen sind, indem diese auf beiden Seiten einer kulissenartig in das Meer sich vorschiebenden Felswand wirksam war oder auch nur von einer Seite wirkend allmählich

Zu Seite 695.

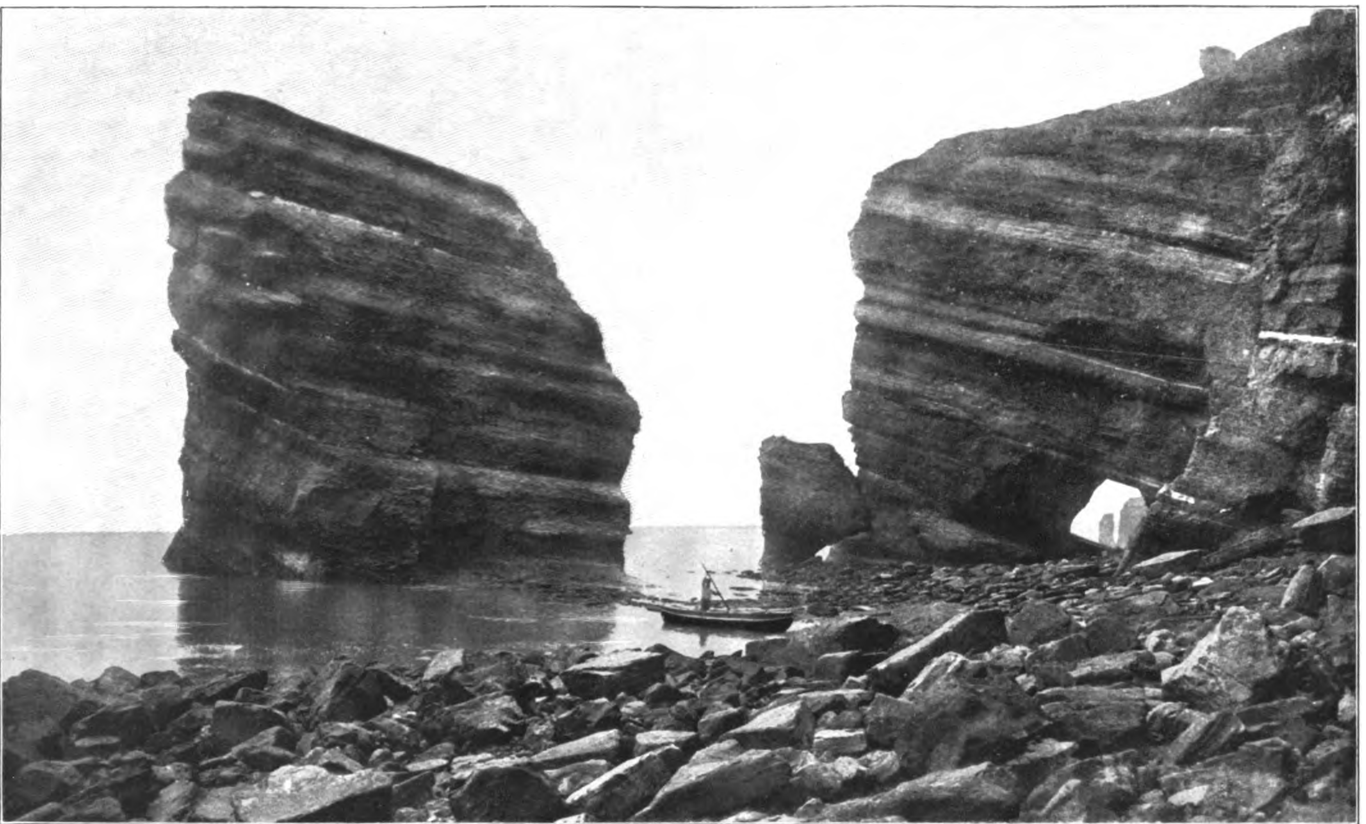


Fig. 377. **Helgoland. Junk-Gat.**
(Nach einer Aufnahme der Photoglob Co. in Zürich.)

die Wand durchnagte. Am bekanntesten sind die Felsenthore von Helgoland (Fig. 377), von den norwegischen, schottischen, irischen und italienischen Küsten. Indes können auch andere Ursachen (Einsturz von Höhlen, Verwitterung, Unterwaschung) zur Entstehung von Felsenthoren die Veranlassung bilden (siehe S. 700).

Schließlich seien noch die Überdeckungshöhlen erwähnt, mit welchem Namen man ursprünglich offene Hohlräume bezeichnet, die später auf irgend eine Weise von oben her geschlossen wurden. Jede klammartige Furche kann dadurch, daß sie von oben her durch große Felsblöcke verschlossen wird, teilweise in eine Höhle verwandelt werden (Felsenthor im Uttenwalder Grunde in der Sächsischen Schweiz). Ebenso können vulkanische Auswurfsstoffe und besonders häufig Quelltuffbildungen die Bildung von Überdeckungshöhlen veranlassen.

c) Verbreitung der Höhlen.

Die bekanntesten europäischen und außereuropäischen Höhlen wurden bereits S. 452 aufgezählt; daselbst finden sich auch Angaben über ihre Dimensionen. Wie aus jener Zusammenstellung und dem S. 687 und 693 Gesagten hervorgeht, sind in Deutschland namentlich der Fränkische und Schwäbische Jura sowie Westfalen durch ihren Höhlenreichtum ausgezeichnet. In Österreich finden sich zahlreiche Höhlen in Krain (Karst), im Salzkammergut und in Mähren (nördlich von Brünn im Devonkalk); auch einzelne Teile der Karpathen (Kleine Tatra, Göllnitzer Gebirge, Almaser Kalkplateau) enthalten viele Höhlen, von denen einige, wie die Eishöhlen von Demanowa und von Dobschau und die Agteleker Tropfsteingrotte besonders berühmt sind. In Siebenbürgen ist namentlich die westliche Abdachung des Biharagebirges durch einen karstähnlichen Charakter und den damit zusammenhängenden Höhlenreichtum ausgezeichnet. Auf den Höhlenreichtum der Causses, die den südwestlichsten Teil der Cevennen bilden, wurde bereits mehrfach hingewiesen; dieses Gebiet ist namentlich von Martel genau durchforscht worden. Auch andere Teile Frankreichs, wie der Französische Jura und die Provence (Chaîne des Alpines) bergen viele Höhlen, während Belgien in den Ardennen die berühmten Höhlen von Rochefort (im Thale der Lhomme) und von Han (im Thal der Lesse) besitzt. Die bekanntesten Höhlen Englands endlich liegen im Kohlenkalk des südlichsten Teiles vom penninischen Gebirge in Derbyshire, z. B. die 275 m lange, 594 m tiefe, von einem ausgedehnten Netz unterirdischer Gewässer (vergl. S. 451) durchzogene Pooles-Höhle bei Buxton. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika treten Karste in ausgebildetester Form in dem zwischen dem Alleghanygebirge und dem Mississippi gelegenen Gebiete auf, und dort befinden sich auch Amerikas zahlreichste und bekannteste Höhlen. Im Staate Kentucky liegt neben einer großen Zahl anderer die Mammuthöhle, deren im Kalk der unteren Stufe der Karbonformation verlaufende Gänge die Gesamtlänge von 240 km besitzen. In ihr befinden sich (s. S. 689) der See Lethe und der Fluß Styx, die mit dem oberirdisch verlaufenden Green River in Verbindung stehen. An der Grenze von Kentucky und Indiana liegt in der Nähe von Leaven-

worth am Ohio die zweitgrößte der amerikanischen Höhlen, die nach einem Indianerstamme benannte Wyandotthöhle, gleich der Mammuthöhle im Kalke der unteren Karbonformation, während die übrigen zum Teil sehr ausgedehnten Höhlen des Staates Indiana in untersilurischen Kalken sich befinden. Im Zusammenhange mit dem Höhlengebiete der beiden genannten Staaten steht das kleinere von Virginia, dem die im Jahre 1806 entdeckte und nach ihrem Entdecker benannte Weyershöhle, sowie die durch ihre herrlichen Tropfsteingebilde (Fig. 378) ausgezeichnete Lurayhöhle (1878 entdeckt) angehören. Die silurischen Kalke der westlichen Ausläufer der Catskill Mountains im Staate New York bergen die wegen ihres reichen Tropfsteinschmuckes viel besuchte, 11 km lange Howehöhle. Außerdem ist noch eine größere Zahl von Höhlen über die übrigen Staaten der Union verteilt, unter denen die am Tennessee gelegene 19 km lange Nikojackhöhle, die drittgrößte Amerikas, erwähnt werden mag.

d) Temperatur der Höhlen. Eishöhlen.

Bei den meisten Höhlen ist die mittlere Jahrestemperatur der der betreffenden Örtlichkeit gleich (S. 689); auch kehren im allgemeinen in den Höhlen die mit dem Wechsel der Jahreszeiten verbundenen Temperaturschwankungen wieder, allerdings derart abgeschwächt, daß außerhalb der Höhle die im Sommer beobachteten Temperaturmaxima der Luft höher, die Temperaturminima im Winter niedriger sind als innerhalb derselben. Für die Temperatur im Innern der Höhlen ist demnach fast immer die Außentemperatur maßgebend, und namentlich ist ein Einfluß der Bodenwärme nur sehr selten nachweisbar. In einzelnen Fällen allerdings weicht die Temperatur in der Höhle in auffallender Weise von der der Außenluft ab, so daß in derartigen Höhlen eine abnorm niedrige Temperatur beobachtet wird (Windlöcher, Ventarolen), oder daß sie während des ganzen Jahres oder doch während des größten Teiles desselben Eis enthalten. Derartige Eishöhlen haben zu den verschiedensten Zeiten die Aufmerksamkeit auf sich gelenkt, und es sind die verschiedensten Erklärungen für das Phänomen gegeben worden, ohne daß die Frage zu einem vollständigen Abschluß gelangt wäre. Ihre Lösung wird durch den Umstand außerordentlich erschwert, daß die Eishöhlen zumeist an wenig zugänglichen Orten liegen, so daß fortdauernde Beobachtungen der Temperatur-, Feuchtigkeits- und sonstigen Verhältnisse kaum ausführbar sind.

Vorkommen der Eishöhlen. Die Zahl der Eishöhlen ist nicht unbeträchtlich; indes können hier nur die bekanntesten von ihnen angeführt werden, und es muß auf die vollständigen Verzeichnisse verwiesen werden, wie sie der Verfasser (vergl. S. 690) und außer ihm E. Fugger aufgestellt hat. Am längsten bekannt ist wohl die im Schweizer Jura in der Nähe von Besançon gelegene Eishöhle von Baume (oder Grâce de Dieu oder La Chaux), mit der wahrscheinlich die Höhlen von Vesoul und Dole identisch sind. In den Schweizer Alpen liegt nördlich vom Thuner See am Siegriswyler Grat das unschwer zu erreichende 206 m lange Schafloch, während in den Ostalpen die in der Nähe von Salzburg gelegenen

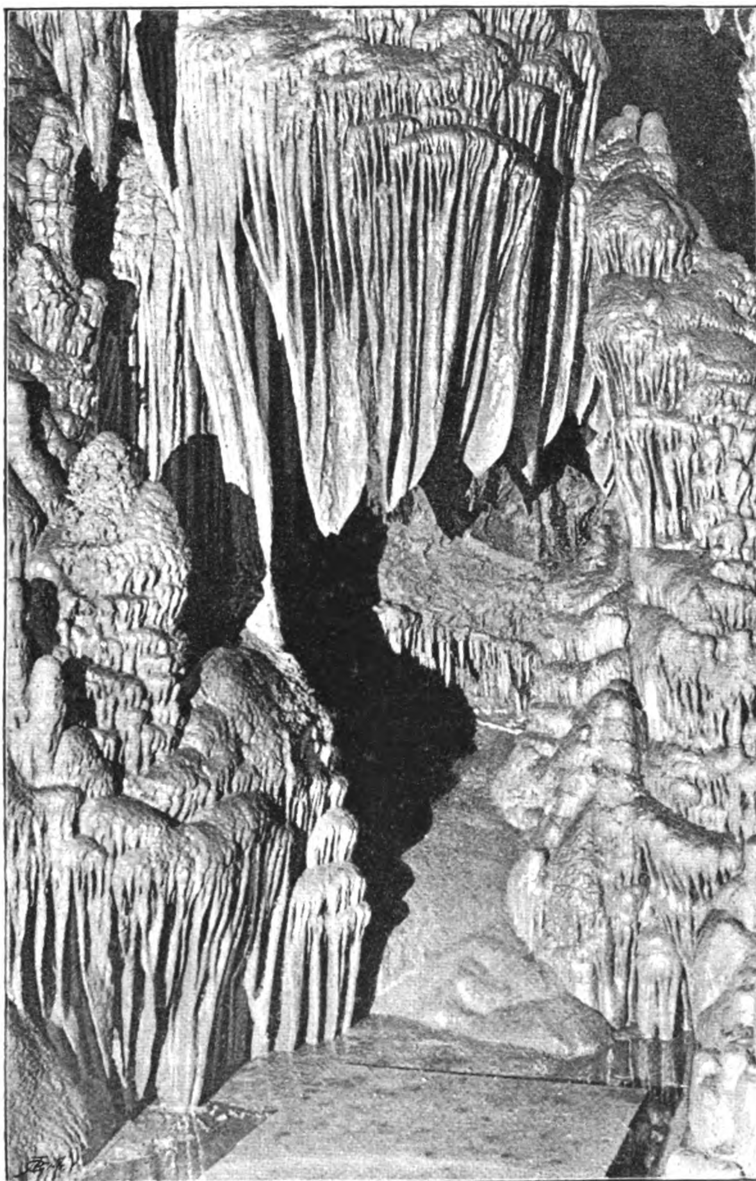
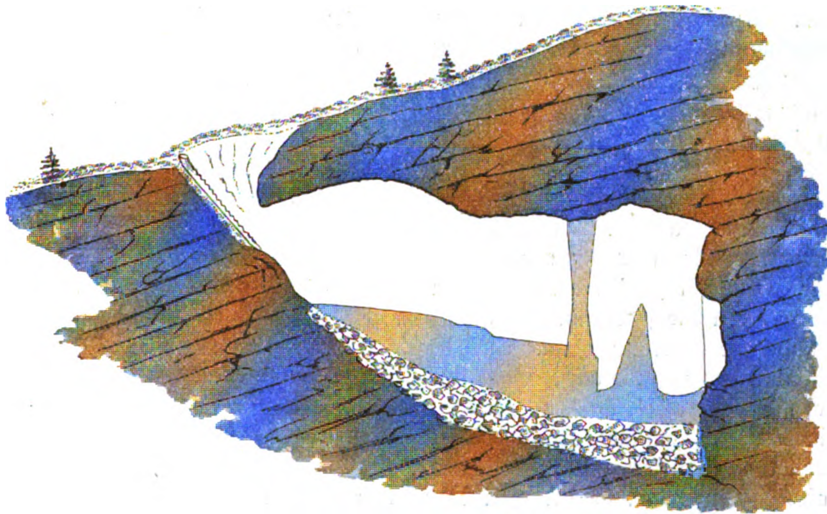


Fig. 378. „Thron“ und „Kathedrale“ in der Luray-Höhle.

Eishöhlen (im Untersberg die Kolowratshöhle, die Kaiser Karlshöhle, die Schellenberger Höhle, im Tännengebirge die Posselthöhle), ferner die Eishöhlen der Steiermark (Beilsteinhöhle, Fig. 379, bei Gams, Frauenmauerhöhle

Fig. 379.



Idealer Durchschnitt der Eishöhle am Beilstein (Steiermark).
(Nach Frz. Kraus im Globus Bd. 59.)

und Bärenloch bei Eisenerz) und Niederösterreichs (die Eishöhlen am Ötscher bei Gaming, Eiskapelle auf der Raxalp), endlich die zahlreichen Karst-Eishöhlen (z. B. im Tarnowaner und Birnbaumer Waldgebirge) bemerkenswert sind. Von den Eishöhlen Ungarns sind die von Dobschau und von Demanowa bei Cserna die bekanntesten.

Das Gestein, in dem sich die Eishöhlen befinden, ist nicht immer dasselbe. Stets handelt es sich aber um Gesteinsarten, die zwar für Wasser durchlässig sind, ihm jedoch nur ein äußerst langsames Durchsickern gestatten; die Tropfen quellen nur in Größe von Stecknadelköpfchen hervor, so daß bei der regelmäßigen Tropfung nur eine sehr geringe Quantität Wasser Zutritt findet. Naturgemäß überwiegt auch hier der Kalk, der den verschiedensten geologischen Formationen angehören kann. Indes kommen auch Eishöhlen im Gips und in basaltähnlicher Lava, wie im Gneis und Porphyr vor. Ebensowenig ist die Form der Eishöhlen übereinstimmend. Viele Eishöhlen sind ausgesprochen sackförmig, d. h. von dem engen Höhleneingang an senkt sich der Boden bis zur hinteren Höhlenwand (vergl. Fig. 379). Im einzelnen ist freilich der Grad der Senkung sehr verschieden: er beträgt bisweilen nur 2 bis 3 m, kann aber bedeutend höhere Werte erreichen (40, selbst 80 m) (Fig. 380 bei f. S.). Viele Höhlen gleichen wiederum offenen, hohen, geräumigen und hellen Grotten, wie denn überhaupt die Tiefe der Eishöhlen meist überschätzt wird und manchmal nur 4 bis 5 m beträgt.

Die mächtigsten **Eisbildungen** finden sich am Boden der Eishöhlen als Bodeneis. Dieses besteht nicht aus Eis, wie es sich beim Überfrieren oder Einfrieren von Wassertümpeln bildet (diese Eisbildung kommt in den Eishöhlen nur gelegentlich vor), sondern ist aus dem Sickerwässer hervorgegangen. Die Stärke der Eisschicht schwankt von einigen Centimetern bis zu 3, 4, selbst 20 m. Auf diesem Eisboden finden sich stärkeren Tropfungen gegenüber Eisstalagmiten von 2 bis 3 m Höhe von abgerundet kegelförmiger Gestalt (vergl. Fig. 380 u. 381), die im Sommer bisweilen eine Vertiefung an der Spitze zeigen. Ihnen gegenüber ragen vereinzelt Eisstalaktiten herab, sich mit den vorigen vereinigend und Eissäulen bildend, die dann den Eissalon zieren. Die Höhe dieser Gebilde, von denen Fig. 382 eine besonders eigenartige Form veranschaulichen möge, beträgt 4 bis 5 m bei einem Umfange von 3 m und darüber. Die Seitenwände sind an geneigten Stellen oft mit dicken, dem Bodeneis ähnlichen Eisschichten überzogen; aus größeren Spalten drängen sich oft gletscherartige Massen (Höhlengletscher) von 6 bis 8 m Höhe hervor, deren Eis jedoch im Gegensatz zum gewöhnlichen Gletschereis spaltenfrei ist und keine Bewegung zeigt. Auch diese finden sich, wie aus Fig. 383 a. f. S. ersichtlich, in mannigfacher Gestaltung. An manchen Stellen ist der Fels auch mit kleinen Eiströpfchen (Perleis) überzogen, desgleichen finden sich Tropfsteine, die in ähnlicher Weise vereist sind. Auch der Wasserdampf kann zu Eisbildungen in der Höhle beitragen, wie die prachtvollen, 3 bis 4 cm großen regelmäßigen Schneekrystalle beweisen, die in Dobschau an einzelnen Stellen der Wandung üppig emporwuchern, und die 10 bis 15 cm breiten Krystallguirlanden, sowie die mächtigen blumenkohlartigen Massen von Krystallen in Skerisora (Siebenbürgen). Die Großartigkeit und Pracht dieser Bildungen übertrifft die der Tropfsteinbildungen in den berühmtesten Grotten und Höhlen. Kein Wunder daher, daß sie gleich diesen nach ihrer Form die verschiedensten Namen erhalten haben: Eiskapellen, Eisgrotten, Eiskirchen, die Eiskönigin, ein Beduinenzelt, Elefantenhaupt u. s. w. Durch den im Sommer eintretenden Tauprozeß wird die Mannigfaltigkeit der Formen noch erhöht; durch ihn entstehen die Aushöhlungen an der Spitze der Stalagmiten, die Eistrichter, Eisteller und Rundlöcher, d. h. tellerartige Vertiefungen im Bodeneis, die durch herabfallende Tropfen bewirkt werden.

Höchst eigentümlich ist die **Struktur** des Höhleneises, die sofort die Herkunft des Eises zu erkennen gestattet. Das äußerst spröde, ganz klare Höhleneis zeigt beim Zerschlagen eine ganz auffällige prismatische Struktur; es ist aus ziemlich kleinen regelmäßigen sechsseitigen Prismen zusammengesetzt, so daß es mit einer Bienenwabe verglichen werden kann, deren Zellen aus kompaktem Eis bestehen, nur daß die Prismen etwa 5 cm lang, also bedeutend größer sind (Wabeneis). Es ist noch nicht gelungen, künstlich derartiges Eis zu erzeugen, ebensowenig wie man eine Erklärung für seine eigenartige Struktur zu geben vermocht hat.

Die erste Erklärung für das Phänomen der Eishöhlen gab **Prevost** im Jahre 1769. Seine Theorie wurde aufs neue von **Deluc** (1822) vorgebracht und von **Thury** (1861) und **Fugger** (1883) ausgebildet. Nach der Ansicht dieser Forscher sinkt die kalte Winterluft in die Höhlen ein und

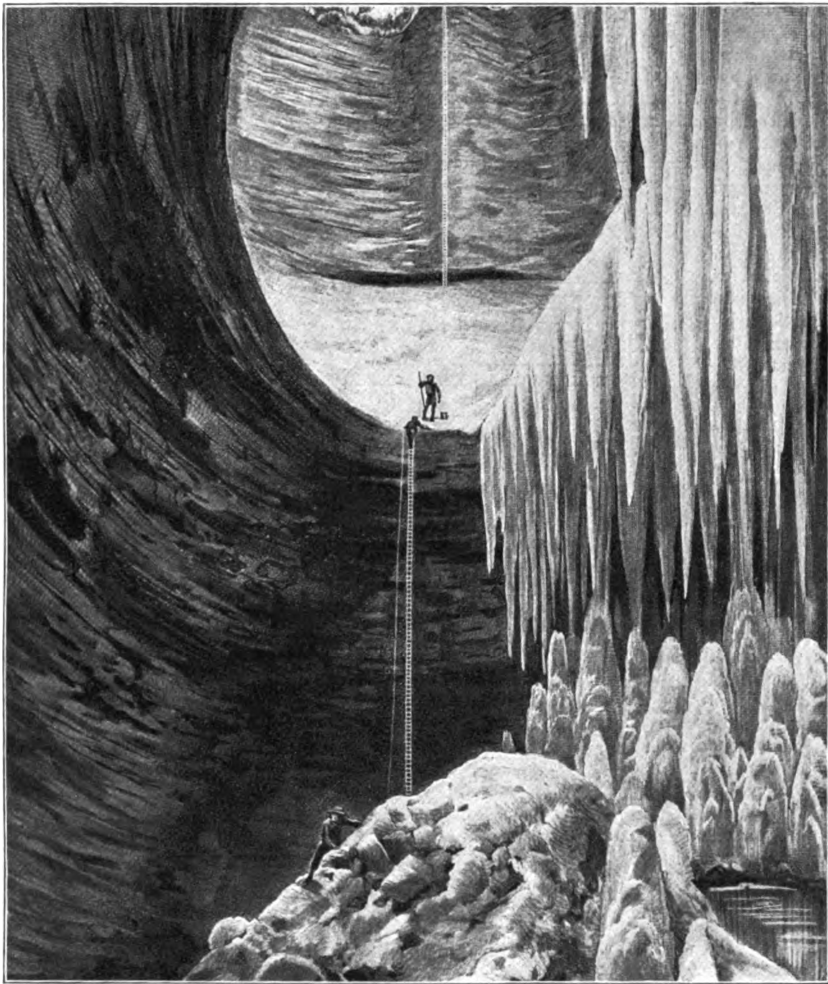


Fig. 380. **Innenansicht der Eishöhle des Creux-Percé.**
(Nach E. A. Martel in La Nature 1892.)



Fig. 381. Der „Eissalon“ in der Dobschauer Eishöhle.

Fig. 382. Eisvorhang, der rechte untere Korridor, alte Eismauer in der Dobschauer Eishöhle.

(Fig. 381 u. 382 nach J. A. Krenner, Die Eishöhle von Dobschau.)

bewirkt die Eisbildung. Wegen des hochgelegenen Einganges der Höhlen kann ein Austausch ihrer kühleren Innenluft gegen die wärmere Außenluft nicht oder doch nur langsam stattfinden, so daß in jedem Jahre eine geringere Menge Eis wegschmilzt, als neu gebildet wird. Die Folge ist die Entstehung der meist beobachteten mächtigen Eisschicht.

Fig. 383.



Der „Wasserfall“ in der Dobschauer Eishöhle.
(Nach J. A. Krenner, Die Eishöhle von Dobschau.)

Die Thatsache, daß nicht alle Eishöhlen die von dieser Theorie geforderte sackförmige Gestalt besitzen; ferner die Erwägung, daß die stagnierende Luft sehr bald durch die beim Gefrieren des Wassers frei werdende Schmelzwärme über Null Grad erwärmt werden müßte, also das Gefrieren des Wassers nicht mehr zu bewirken vermöchte; endlich der Umstand, daß sich

nur schwer erklären läßt, warum durch die Bodenwärme das dem Boden doch dicht anliegende Eis nicht geschmolzen wird — man darf die Bodentemperatur in den bekannten Eishöhlen auf 4 bis 8° schätzen — haben dazu geführt, daß neben dieser Theorie noch andere aufgestellt worden sind, die nur kurz angedeutet sein mögen.

Gestützt auf die Beobachtung, daß Wasser, dessen Temperatur unter 4° liegt, beim Hindurchfließen durch Kapillarröhren eine Abkühlung erfährt, hat man angenommen, daß die Temperatur des durch die Haarspalten im Erdboden hindurchsickernden Wassers (und ebenso die des Erdbodens selbst) in ähnlicher Weise erniedrigt wird. Das aus der Höhlenwandung austretende Wasser befindet sich daher im überkälteten Zustande und erstarrt sofort nach seinem Austritt zu Eis. Auch der beim Verdunsten des Wassers eintretenden Wärmeabsorption hat man einen maßgebenden Einfluß auf die Eisbildung zugeschrieben; indes ist zu bemerken, daß in den Eishöhlen der Verdunstungsprozeß in der Regel sehr langsam verläuft, weil infolge der mangelhaften Durchlüftung der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in der Regel ein sehr hoher ist. Nur ein geschichtliches Interesse besitzt die auf die Temperaturerniedrigung beim Lösen von Salzen gegründete Theorie, da das Sickerwasser nur Salze von geringer Löslichkeit enthält, sowie endlich die verwunderliche Annahme, daß das Eis der Eishöhlen einen Überrest der Eiszeit darstellt; ist es doch erwiesen, daß es sich immer aufs neue bildet, wie denn z. B. die Eishöhle von Chaux les Passavant, welche im Jahre 1727 vollständig ausgeräumt wurde, anderthalb Jahrzehnte später wieder wie zuvor mit Eismassen angefüllt war.

e) Verfall der Höhlen.

Nicht selten gelangen die Höhlen kürzere oder längere Zeit nach ihrer Entstehung in den Zustand des Verfalls. Abgesehen von der gelegentlich vorkommenden Zerstörung durch Menschenhand, die stattfindet, wenn das die Wandung bildende Gestein zu industriellen oder baulichen Zwecken verwendet werden soll, wie es z. B. bei den Quelltuffhöhlen Württembergs der Fall ist, wird die Höhle durch den Einsturz der Decke oder dadurch vernichtet, daß ihr Innenraum mehr oder weniger vollständig ausgefüllt wird. Der Deckeneinsturz giebt zunächst zur Entstehung enger Schluchten Veranlassung, deren Steilwände durch Erosion allmählich eine sanftere Neigung erhalten, so daß Thalbildungen das Endergebnis dieses Vorganges sind. Bleiben an einzelnen Stellen Teile der Höhlendecke stehen, so bilden sie Naturbrücken (s. S. 695) über dem ehemals die Höhle durchströmenden Flußlauf; ist die Höhle auf einer größeren Strecke erhalten, so entstehen Flußschwinden, aus denen nicht selten der Fluß mit größerer Wasserfülle hervortritt, weil unterirdische Wasserarme sich mit ihm vereinigt haben. Das Slouper Höhlengebiet bietet im Laufe der Punkva, das Adelsberger im Rakbachthal Beispiele für diese Verhältnisse.

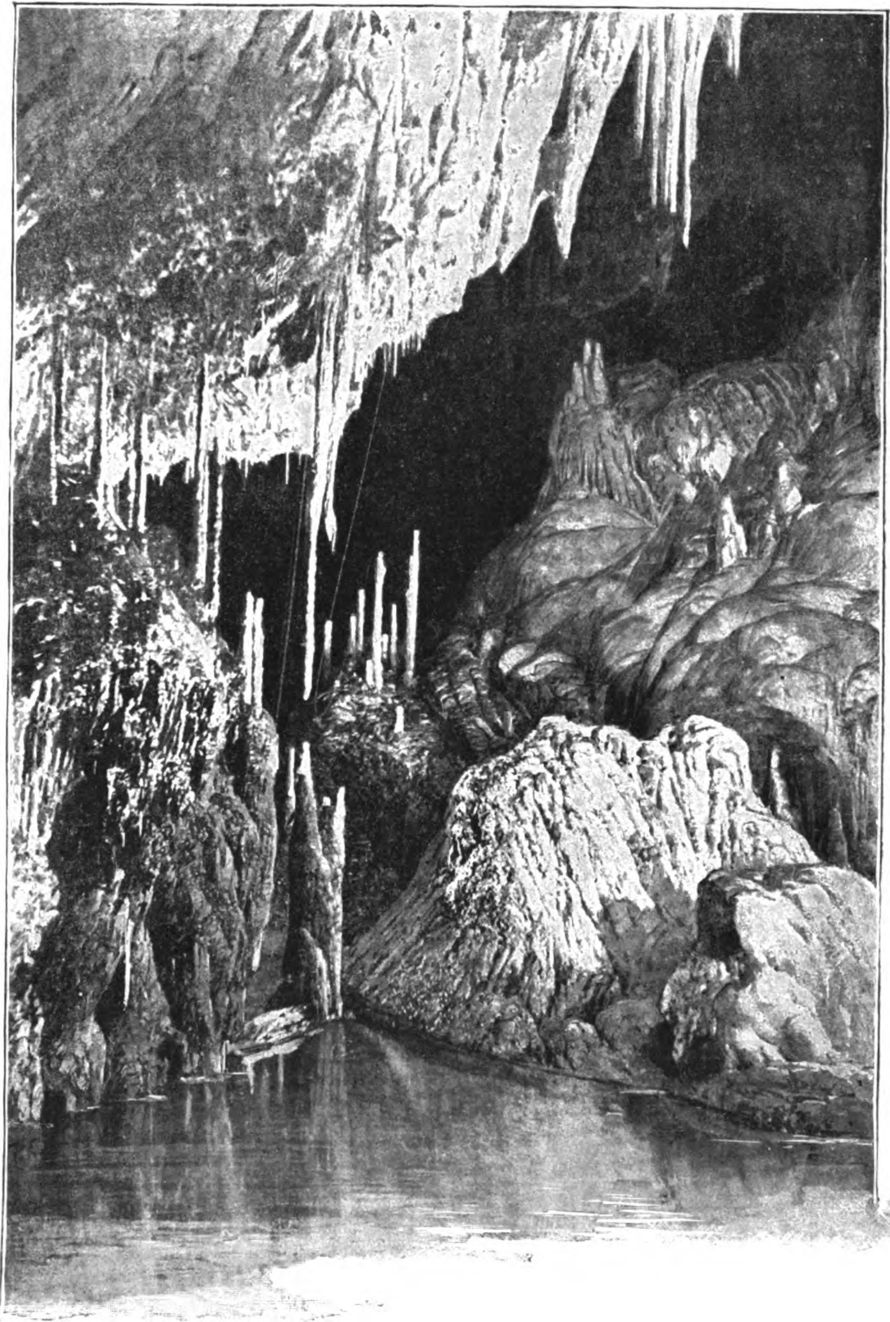


Fig. 384. **Der „Springbrunnensaal“ in der Grotte von Dargilan** (Causse Noir).
(Nach E. A. Martel.)

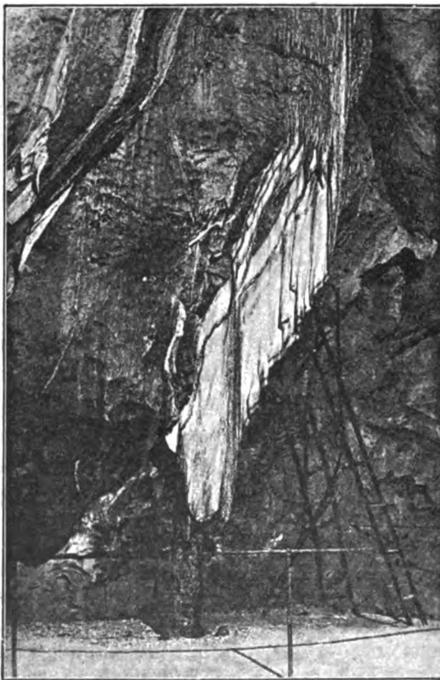
f) Ausfüllung der Höhlen.

Die Ausfüllung der Höhlen kann durch mechanischen Transport der Gesteine oder durch solche Ablagerungen bewirkt werden, die chemischen Prozessen ihren Ursprung verdanken. Für die ersteren sind wesentlich dieselben Umstände maßgebend wie für die Ablagerung bei oberirdischen Flußläufen (S. 479), d. h. im allgemeinen eine Verlangsamung der Flußgeschwindigkeit. Die Höhe derartiger Aufschüttungen ist oft sehr bedeutend; in den mehrfach erwähnten Slouper Höhlen hat man Schichten von 24 m Dicke beobachtet. Sie erfahren bisweilen auch dann noch einen Zuwachs, wenn die Höhle von keinem Flußlaufe mehr durchströmt wird, indem Hochwässer durch die Höhlenmündung, Meteorwässer durch Spalten in der Decke eindringen und ihre Sedimente ablagern, so daß unter Umständen nachträglich noch der ganze Höhlenraum ausgefüllt wird. Eigentümlich ist dabei die Erscheinung, daß das Ausfüllungsmaterial häufig gar nicht mehr in der näheren oder entfernteren Umgebung der Höhle gefunden wird. In der Höhle am Ende der Weberschlucht in der Sächsischen Schweiz, ebenso in der Amselhöhle am Amselfall findet sich Kiesgeröll, welches aus Böhmen stammt. Noch auffallender ist das Vorkommen der sogenannten Terra rossa (S. 179), eines rotbraunen Lehmes, der am Grunde vieler Dolinen des Karstes gefunden wird, obwohl weit und breit keine Gesteinsart existiert, die zur Entstehung eines derartigen Verwitterungsproduktes hätte Veranlassung geben können, und Ähnliches gilt von den sandigen Ablagerungen, die in einer Höhle unweit Adelsberg entdeckt wurden, und die aus einem Konglomerat von Quarzkörnern, Glimmerblättchen und einer rotbraunen Erde mit eingelagerten Muscheln der Tertiärformation besteht. In beiden Fällen muß man annehmen, daß die Gesteine, welche die Muttersubstanzen der erwähnten Anschwemmungen bildeten (im ersteren Falle ein pyritreiches Gestein, im letzteren Glieder der Tertiärformation, die also ehedem die Kreide des Karstes überlagerten), durch Erosion vollständig verschwunden sind.

Die auf chemischem Wege entstandenen Absätze bestehen aus Calciumkarbonat, welches sich aus jener Lösung in kohlensäurehaltigem Wasser ausscheidet, sobald das gelöste Kohlendioxyd ganz oder teilweise entwichen ist. Die Formen, unter denen diese Abscheidung erfolgt, sind nicht immer dieselben. Am bekanntesten sind die als Stalaktiten und Stalagmiten (Fig. 384, s. auch S. 190) bezeichneten Bildungen, welche von jeher die Aufmerksamkeit in hervorragendem Maße erweckt haben und der Grund für die Berühmtheit vieler Höhlen geworden sind (Adelsberger Grotte, Baumanns- und Hermannshöhle bei Rübeland am Harz). Der Tropfstein entsteht, wie schon der Name sagt, aus einer langsam herabtropfenden Lösung von Calciumkarbonat. Der aus der Decke allmählich hervorsickernde Wassertropfen überzieht sich mit einer dünnen, kugelig gestalteten Haut aus Calciumkarbonat, die durch das Gewicht des größer werdenden Wassertropfens endlich am unteren Teile gesprengt wird, während die Basis als niedriger Ring an der Decke haften bleibt. Der Tropfen fällt dann zur Erde und wird durch weiter vordringendes Wasser

ersetzt, an dessen freier kugelförmiger Fläche sich derselbe Vorgang wiederholt. Auf diese Weise wächst allmählich an der Decke ein dünnwandiges, einer Federspule vergleichbares Röhrchen von 5 bis 6 mm Durchmesser, welches den Anfang eines jeden normal entstehenden Stalaktiten bildet. Dieses mit der Lösung erfüllte Röhrchen erfährt nun zunächst durch die nach innen erfolgende Abscheidung von Kalkspatkrystallen eine Verstärkung seiner Wand und wird schließlich wie ein Drusenraum von den Krystallen nahezu oder ganz ausgefüllt. Das kalkhaltige Wasser wird dadurch mehr und mehr gezwungen, an der Außenseite der Röhre herabzufließen, so daß nun das Wachstum des Stalaktiten in umgekehrter Richtung (von innen nach außen) stattfindet. Dieser zuletzt ausgeschiedene Kalk zeigt eine konzentrisch faserige Struktur, während der die Röhre ausfüllende von krystallinisch körniger Beschaffenheit ist. Das auf den Boden auffallende, schon eines Teiles seines Kalkgehaltes beraubte Wasser ruft die Entstehung der Stalagmiten hervor, denen der centrale Kanal fehlt und deren oberes Ende breiter, und zumeist mit einer kleinen Vertiefung versehen ist. Wird diese größer und erfolgt der Absatz des Kalkes an ihrem Rande, so entsteht der **Tropfbrunnen**. Erdteilchen, die sich in seiner Höhlung mit Kalksinter überziehen und deren Aneinanderhaften durch die stete Bewegung verhindert wird, werden als **Höhlenperlen** bezeichnet. Rinnt der hervorquellende Tropfen an der geneigten Decke eine Strecke abwärts, ehe er an einer vorspringenden Ecke frei herabfällt, so setzt er auf dem ganzen Wege Kalk ab und dadurch entstehen die Vorhänge oder Draperieen, von denen der Vorhang der Adelsberger Grotte besonders berühmt ist (Fig. 385). Auch der Boden der Höhle ist häufig mit einer zusammenhängenden **Kalksinterdecke** überzogen. Die Farbe der Tropfsteinbildungen ist rein weiß, wenn die Absätze aus reinem Kalk bestehen; gelblich, fleischfarben, oder braun, wenn dem Kalk Eisenverbindungen in geringerem oder stärkerem Maße beigemischt sind; grau, wenn die Tropfsteinbildung längere Zeit unterbrochen und die Außenseite der Tropfsteine einem Verwitterungsprozeß unterworfen war. Aus der durch Beobachtung gefundenen Zunahme von Dicke und Länge

Fig. 385.



Der „Vorhang" in der Adelsberger Grotte.
(Nach Kraus, Höhlenkunde.)

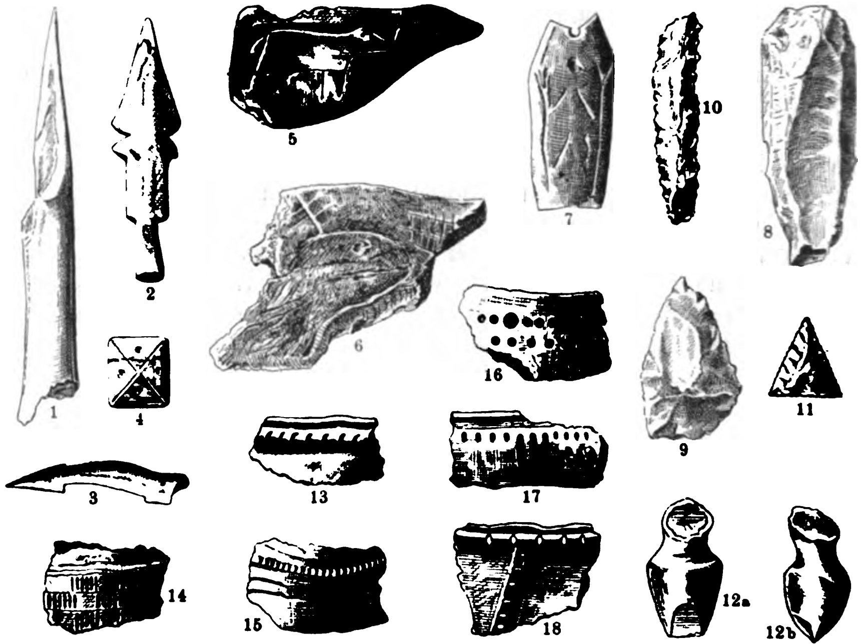
der Tropfsteinbildungen einen Schluß auf ihr Alter ziehen zu wollen, ist durchaus unstatthaft, weil die Bedingungen für die Entstehung des Tropfsteines nicht nur für jede Höhle, sondern sogar für jeden Teil derselben andere sind, und weil außerdem kein charakteristisches Merkmal existiert, ob der Tropfstein sich stetig oder mit Unterbrechungen bildete (vergl. S. 419). — Eigentümlich ist endlich diejenige Form des Calciumkarbonats, die man als Bergmilch oder Mondmilch (S. 100) bezeichnet. Sie wird verhältnismäßig selten angetroffen, in ausgezeichnet schöner Form z. B. in der Hermannshöhle bei Rübeland. Sie stellt eine lockere Ausbildung von Calciumkarbonat in Form trauben- bis nierenförmiger Aggregate dar, die leicht zu einem Grus zerfallen, und besteht aus einer lockeren Verwebung kleinster, höchstens 0,02 bis 0,03 mm langer Nadeln, deren Krystallform noch nicht festgestellt worden ist. Auch die Bedingungen für ihre Entstehung sind noch nicht ermittelt.

g) Höhlenbewohner.

An der Ausfüllung der Höhlen beteiligen sich endlich neben den bisher erwähnten Stoffen anorganischer Natur in hervorragender Weise Reste ehemaliger Organismen, namentlich die Knochen von Säugetieren (Knochenhöhlen, siehe S. 689). Nur eine geringe Zahl dieser Tiere darf man indes als Höhlenbewohner bezeichnen; manche von ihnen sind durch Zufall in die Höhlen gelangt und dort verendet, die Leichen oder die Überreste anderer sind vom Wasser eingeschwemmt worden. Die meisten sind entweder von den höhlenbewohnenden Säugetieren, denen sie zur Nahrung dienten, eingeschleppt worden, oder vom Menschen selbst, für den die Höhle die einfachste und natürlichste Wohnstätte bildete, solange er selbst noch nicht den Bau von Wohnungen auszuführen verstand. Die ersten Funde menschlicher Überreste mit den Knochen diluvialer Säugetiere vereint (Reste vordiluvialer Tiere hat man bisher nicht in europäischen Höhlen gefunden), wurden bereits 1833 bis 1840 in belgischen Höhlen gemacht, und seitdem hat sich die Zahl der Knochenhöhlen ganz außerordentlich vermehrt, so daß die Untersuchung der Höhlenfunde die wertvollsten Aufschlüsse über die Sitten und Bräuche der ältesten Bewohner unseres Kontinentes gegeben hat. Denn wenn auch die Überreste der Menschen selbst sich nur spärlich finden, so sind doch um so häufiger ihre Werkzeuge erhalten und liefern den Beweis, daß das erste Material, welches zu deren Anfertigung verwendet wurde, von Steinen, namentlich dem Feuerstein, geliefert wurde. Mit seiner Hilfe gelang es, aus Horn und Knochen die ersten primitiven Geräte (Ahlen, Pfeilspitzen, Nadeln, Fig. 386 a. f. S.) anzufertigen, die eine Verwendung des erlegten Jagdwildes zur Ernährung und zur Anfertigung der ersten primitiven Kleidung ermöglichten. In der auf die Steinzeit folgenden Bronzezeit dienten die Höhlen nicht mehr ebenso ausschließlich als Wohnstätten, und bereits in der Eisenzeit scheint dies nur noch ausnahmsweise der Fall gewesen zu sein (vergl. S. 586).

Die Fauna, welche der höhlenbewohnende Mensch sich gegenüber fand, war von der heutigen sehr verschieden. Viele der damals lebenden Tierarten sind gegenwärtig vollständig verschwunden, andere leben zwar noch, sind aber

Fig. 386.

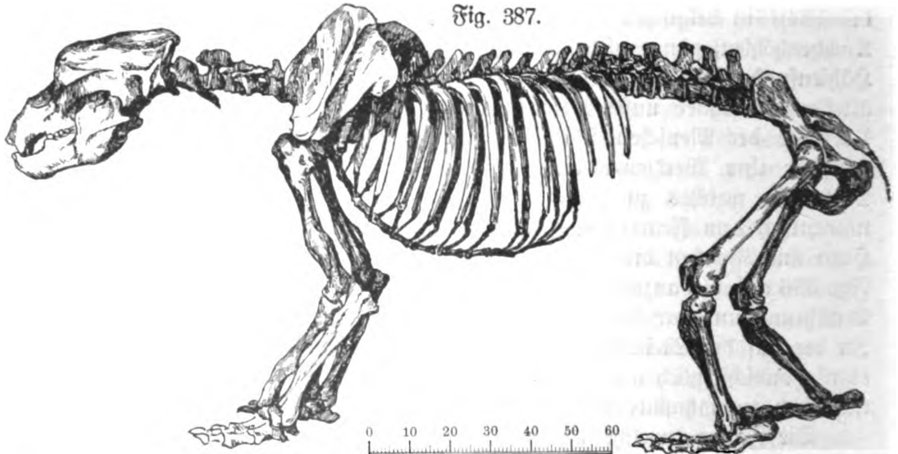


Neolithische Funde aus Pečina Jama bei Zgonik.

(Nach K. Moser in Globus Bd. 69.)

1 Dolch, 2 Lanzenspitze, 3 Angelhaken, aus Knochen; 4 Zierrat aus Schildpatt; 5 Eber, 6 Schildkrötenkopf, 7 Menschenfigur zwischen zwei Bäumen, auf angekohlten Knochenstücken eingeritzt (5—7 aus einer Höhle bei Nabresina); 8 Schaber, 9 Pfeilspitze, 10 Säge, aus verschiedenfarbigem Flint-Jaspis; 11 Zierstück aus Chalcedon; 12a, 12b Beilchen aus quarzitischem Dolomit; 13—18 Rand- und sonstige Bruchstücke verzierter Urnen aus Thon (in 18 die Riefen mit Kalk angestrichen). 1—3 und 8—11 in 1/2, 4 in 1/4, 13—18 in 1/6 nat. Größe.

Fig. 387.



Zusammengesetztes Skelett des Höhlenbären aus der Hermannshöhle bei Rübeland i. H.

(Nach J. H. Kloos und M. Müller, Die Hermannshöhle.)

in höhere Breiten verdrängt. Das verbreitetste der diluvialen Raubtiere war der **Höhlenbär**, Ursus spelaeus (Fig. 387, a. v. S.), ein stattliches 3 m langes Raubtier, welches indes noch weniger ausschließlich Fleischfresser war, als der heute lebende braune Bär. Er bildete offenbar das hauptsächlichste Jagdtier der prähistorischen Menschen, denn seine Knochen sind bereits zu Tausenden aus Höhlen gefördert worden. Weit spärlicher sind die Reste, die man von zwei dem Höhlenbär nahestehenden, noch heute lebenden Bärenarten, dem Grislybär, Ursus ferox, und dem braunen Bär, U. arctos, in den Höhlen findet. Von anderen Raubtieren seien die **Höhlenhyäne**, Hyaena spelaea, der **Höhlenwolf**, Lupus spelaeus, der **Luchs**, Felis lynx, und der **Vielfraß**, Gulo borealis, erwähnt. Sehr häufig finden sich die Überreste des **Renntieres**, Cervus tarandus, neben denen des Höhlenbären. Es bildete vielleicht das erste Haustier des prähistorischen Menschen, und außer seinem zur Nahrung dienenden Fleische wurden schon damals wie noch heute viele andere Körperteile, namentlich das Geweih zur Anfertigung von Nadeln und Angeln verwendet, während der Schädel als primitives Trinkgefäß diente. Dem Höhlenbären und Renntier schließt sich in Bezug auf die Häufigkeit des Vorkommens das **Pferd** an, von dem ebensowenig als vom Renn behauptet werden kann, ob es wild oder gezähmt war. Jedenfalls wich es in seinem Körperbau nicht unerheblich von dem jetzt lebenden Pferde ab (vergl. z. B. Fig. 179, S. 236), insbesondere besaß es nur die sehr geringe Höhe von etwa 1,3 m. Von unseren heutigen Haustieren, dem Rind, dem Schaf, der Ziege, dem Hund und der Katze, finden sich in den Höhlen keine Spuren. Die selten vorkommenden Ochsenknochen gehören dem **Urstier**, Bos primigenius, und dem Bos brachyceros an. Knochen und Zähne der riesigen Dickhäuter, des **Mammuts**, Elephas primigenius, und des **Nashorns**, Rhinoceros tichorhinus (dem sagenumwobenen Einhorn) sind in den Höhlen ebenfalls nicht selten, während größere Skelettstücke sich allerdings nur spärlich finden, vielleicht weil die erlegten Tiere wegen ihrer riesigen Größe einen Transport nur schwer zuließen. Ähnliches gilt übrigens auch von dem **Höhlenlöwen** (Höhlentiger), Felis spelaea, der wegen seiner gewaltigen Stärke wohl nur schwierig und selten erlegt wurde. Die wichtigsten Vertreter der Nagetiere, deren Reste in den Höhlen gefunden wurden, sind der **Lemming**, Myodes lemnus, das **Murmeltier**, Arctomys marmota, und der **Schneehase**, Lepus variabilis. Unter den Vögeln fällt die außerordentliche Menge von Knochen des **Schwanes** und der **wilden Gans** auf, welche Vögel damals offenbar in Mitteleuropa ihre Brutplätze hatten.

Von diesen Tieren können nur diejenigen als Höhlenbewohner angesehen werden, deren Reste sich auch in Höhlen finden, die offenbar vom Menschen nicht bewohnt waren. Es sind dies der Höhlenbär, der Höhlenlöwe, der Höhlenwolf, der Vielfraß und der Luchs. Ihre Überreste sowohl wie die der anderen zufällig oder gewaltsam in die Höhlen gelangten Tiere sind zumeist in einen fetten, wasserundurchlässigen Lehm eingebettet, der den Boden fast aller Kalkhöhlen bedeckt und als **Höhlenlehm** bezeichnet wird. Er besteht aus einer Mischung von Calciumkarbonat und -phosphat mit Thon, Sand und organischen Bestandteilen in den verschiedensten Verhältnissen, und bildet oft mächtige Ablagerungen (in der Hermannshöhle z. B. von 10 m Mächtig-

keit), in denen man nicht selten verschiedene übereinander liegende Schichten unterscheiden kann. Er stellt das Verwitterungsprodukt des die Höhlenwand bildenden Kalksteines und der darin eingeschlossenen thonigen Bestandteile dar, denen sich die Überreste der untergegangenen Wirbeltiere beigemischt haben.

Höhlenfauna. Die unter der Erde lebenden Tiere pflegt man in drei Gruppen einzuteilen, nämlich in zufällige Höhlenbewohner, die überall auch außerhalb der Höhlen gefunden werden, sodann in Troglophilen (Höhlenliebende), die sich nur vor dem Tageslichte in die Höhlen zurückziehen, bei Nacht jedoch außerhalb derselben leben, und endlich in die Troglobien (Höhlenlebende), die ihr ganzes Dasein unterhalb der Erde verbringen. Die zufälligen Höhlenbewohner gehören nicht zur eigentlichen Höhlenfauna und Gleiches gilt streng genommen auch von den Troglophilen, als deren merkwürdigster Vertreter der von A. v. Humboldt in Venezuela entdeckte Guacharo, Steatornis (d. h. Fettvogel) caripensis (im Thal Caripe wohnend), genannt sein möge, der unter der Haut und in der Bauchhöhle beträchtliche Mengen von Fett ansammelt und aus diesem Grunde von den Indianern verfolgt wird. Die Troglophilen haben für die Ausfüllung der Höhlen insofern bisweilen Bedeutung, als die Exkremente der gesellig lebenden (Fledermäuse, auch Dohlen) die Stickstoffquelle für den Höhlensalpeter (S. 103) darstellen. Die eigentlichen Troglobien sind zumeist Angehörige niederer Klassen des Tierreichs, namentlich der Insekten (insbesondere der Coleopteren), Myriopoden, Arachnoideen, Crustaceen und Amphibien. Ihre Körpergröße ist meist gering, das Sehorgan rudimentär oder fehlend (trotzdem sind die Tiere lichtempfindlich), das Gehör scheint dagegen scharf zu sein. Die Körperfarbe ist zumeist blaß und eigentümlicherweise der Lokalität angepaßt, auf der die Tiere sich vorzugsweise bewegen. So ist die Höhlenspinne, Epeira fusca, elfenbeinartig gefärbt und kaum von den weißen Tropfsteinsäulen zu unterscheiden, auf denen sie sich bewegt. Die meisten Höhlentiere zeichnen sich durch rasche, lebhafte Bewegungen aus. Sie sind nur zum kleinen Teil Pflanzenfresser und nähren sich dann namentlich von Pilzen. Die meisten sind Fleischfresser, wie die in den Höhlen des Karstes lebenden augenlosen Spinnen und Skorpione; sie jagen die meist ebenfalls blinden Höhlenkäfer, wobei sie die langen Fühler zum Suchen der Beute benutzen. Von dem seit langer Zeit als Bewohner der Adelsberger Grotte bekannten Olm, Proteus anguinus, hat man neuerdings drei Verwandte in Amerika entdeckt. Zwei von diesen Salamanderarten kommen im Mississippithale vor. Die eine besitzt noch während ihres ganzen Lebens wohl entwickelte Augen, während diese Organe bei der anderen mehr und mehr verkümmern, je älter das Tier wird. Das einzige bisher bekannte Säugetier, welches zu den Troglobien gehört, ist die in der Mammuthöhle in größerer Zahl lebende Höhlenratte. Sie ist von bräunlicher Farbe, am Unterleib, am Hals und an den Füßen weiß. Ihre Augen sind groß und schwarz gefärbt, besitzen jedoch keine Regenbogenhaut und sind zum Sehen unbrauchbar. Als Ersatz für das mangelnde Sehvermögen sind die Tiere mit langen Schnurrhaaren ausgestattet, deren sie sich wie die Insekten der

Fühler bedienen. Auch einige blinde Fische, z. B. Amblyopsis spelaea, sind in der Mammuthöhle gefunden worden.

Höhlenflora. Von einer speziell den Höhlen eigentümlichen Flora kann man nicht mit demselben Rechte sprechen, wie von der Fauna, weil die in Höhlen gefundenen Pflanzen auch in künstlich hergestellten unterirdischen Räumen (Bergwerken, Brunnenschächten, tiefen Kellern u. s. w.) vorkommen, dann aber weil diese Pflanzenarten auch auf der Erdoberfläche gedeihen können. Da bei dem Mangel an Licht die Assimilation der Kohlensäure unmöglich ist, so sind die in den Höhlen vorkommenden Pflanzen chlorophyllfrei; sie gehören ausschließlich der Klasse der Pilze an. Die wichtigsten Gattungen sind Stereum, Corticium, Polyporus, Merulius, Trametes, Agaricus. Außerdem sind Saprolegnien und Spaltpilze beobachtet worden.

h) Verwendung der Höhlen.

Über die Verwendung der Höhlen als Wohnstätten in prähistorischer Zeit wurde bereits oben (S. 703) gesprochen. Auch in historischer Zeit sind die Höhlen noch häufig zu ähnlichem Zwecke benutzt worden; als Schlupfwinkel für Räuber, worauf Namen wie Räuberhöhle im Schelmengraben in der Oberpfalz, Rablólyuk (Räuberhöhle) in Nordungarn, Drába Skála (Räuberfels) bei Kleinskal hindeuten; oder als Zufluchtsorte in Kriegsgefahr (Türkenlöcher bei Schottwien, Kroatenloch am Paß Lueg, Höhlenfestung Covelo im Brentathal) — hierher gehören ferner die namentlich in keltischen Ländern, dann aber auch in Niederösterreich und Bayern in weichen Fels oder in Löß gegrabenen Erdställe (4 bis 5 m unter der Erde verlaufende lange Gänge, die zu geräumigeren mit Luftschächten versehenen Sälen führen), s. Fig. 275, S. 542; oder endlich als Wohnungen für Anachoreten und Klausner. Die in der Nähe von Lueg in Krain in der Burggrotte befindlichen Trümmer des alten Höhlenschlosses von Lueg, ebenso die Ruinen der Burg Chalons, auch Puxer Lueg im Puxer Loch im Murthal in Steiermark, das in der Höhle bei Deutsch-Metz in Tirol liegende Schloß Kronmetz beweisen, daß die Höhlen noch in geschichtlicher Zeit als bleibende Wohnstätte benutzt worden sind. Sind doch am Regenstein im Harz (s. S. 726) unterhalb der zerstörten Burg Langenstein noch heute einige ganz in Fels gehauene Wohnräume dauernd bewohnt. Ganze Höhlendörfer und -städte sind in verschiedenen Ländern gefunden worden, in Südfrankreich, in den Pyrenäen, in Spanien und in Galizien. Auch die Heidenlöcher bei Überlingen am Bodensee haben wohl ähnlichen Zwecken gedient. Die aus den heiligen Schriften bekannte Verwendung der Höhlen zu Grabstätten reicht bis in die prähistorische Zeit zurück, wie namentlich Funde in Frankreich und Belgien beweisen. Es ist indes nicht immer leicht zu entscheiden, wie weit natürliche und wie weit künstliche Höhlen diesem Zwecke gedient haben. Die Katakomben, deren berühmteste sich in Italien befinden (Rom, Neapel, Palermo, Syrakus, Venosa) dürften zumeist künstlich gemauerte kellerartige Räume sein, oder alte Steinbrüche, die sich für Grabstellen gut eignen mochten.

Manche Höhlen werden zu Heilzwecken benutzt, wie die Schwefelhöhle am

Büdös in Siebenbürgen, die vom Bade Eliopaták und die Höhle Monsummano bei Pistoja, deren Wänden heiße Dämpfe entströmen und die als natürliches Dampfbad von Gicht- und Rheumatismuskranken aufgesucht wird. Auch die Mammuthöhle wurde wegen ihrer gleichmäßigen Temperatur eine Zeitlang als Kurort für Schwindsüchtige benutzt. Mit besserem Erfolge hat man sie später zur Anlage einer Champignonzucht verwendet, wie denn Höhlen auch zu anderen gewerblichen Zwecken, namentlich als Kühl- und Aufbewahrungsort beim Sennereibetrieb gute Dienste geleistet haben.

Auch die Höhlenfunde haben die mannigfachste Verwendung gefunden. So sind, sehr zum Schaden der wissenschaftlichen Forschung, schon sehr frühzeitig die in den Höhlen aufgespeicherten Knochenvorräte ausgebeutet worden, um als Heilmittel und später als Rohstoff zur Darstellung von Knochenkohle, vielleicht auch als Düngemittel verwendet zu werden. Die in den Höhlen bisweilen in beträchtlicher Menge angehäuften tierischen Exkremente dienen entweder für sich als Dünger (Fledermausguano), oder sie bilden den Rohstoff für die Salpetergewinnung (auch andere Mineralien sind in einzelnen Fällen daraus entstanden, s. S. 111), die z. B. in der Mammuthöhle und anderen amerikanischen Höhlen noch im verflossenen Jahrhundert in umfangreichem Maße stattfand. Endlich wird auch das Eis der Eishöhlen vielfach verwertet, — die Eishöhle von Zapodia wurde von einem Zuckerbäcker entdeckt, der gehört hatte, daß im nahen Gebirge in einer Spalte, dem Höhleneingang, sich während des Sommers Eis finde.

B. Orogenie.

Einleitung.

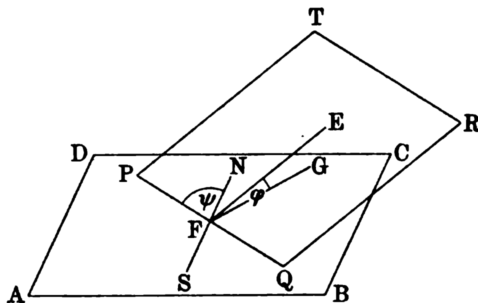
Vielfach hat sich im Vorhergehenden bereits Gelegenheit geboten, bei der Erörterung der geologischen und geognostischen Verhältnisse auf deren Beziehung zu den physikalisch-geographischen Thatsachen hinzuweisen. Namentlich derjenige Teil der physikalischen Geographie, den man als Morphologie oder Gestaltslehre der festen Erdoberfläche bezeichnet, und der die Verteilung von Land und Wasser, sowie die verschiedenen Formen schildert, in denen das erstere auftritt, steht in der engsten Beziehung zur Geologie, derart, daß das Verständnis der Mannigfaltigkeit jener Formen in seinem vollen Umfange erst durch die mittels geologischer Forschungen erworbene Erkenntnis ihrer Entstehungsweise ermöglicht wird. Dies gilt namentlich für die sich aus zwei oder mehr gegen den Horizont geneigten Flächen zusammensetzenden Landerhebungen. Da man diese früher allgemein unter dem Namen „Berg“ zusammenfaßte, so wird die von A. von Humboldt begründete Lehre von der vertikalen Gliederung des festen Landes als Orographie bezeichnet (von τὸ ὄρος = óros, der Berg). Ihr gleichgeordnet stellt sich der geologische Begriff Orogenie zur Seite, deren Aufgabe darin besteht, zu erforschen, in welcher Weise die Niveauverschiedenheiten auf dem festen Lande entstanden sind (vergl. S. 183).

a) Schichtenstörungen.

In der Gesteinslehre (S. 157 ff.) wurde ausgeführt, daß das Material, aus dem die Erdrinde aufgebaut ist, doppelten Ursprunges ist: entweder entstammt es dem Erdinnern und ist im feurig-flüssigen Zustande in Spalten der Erdrinde nahezu oder ganz bis zur Erdoberfläche emporgedrängt worden; oder es ist an der Außenseite durch den Absatz von Stoffen entstanden, die durch Massentransport an den Ort ihrer Ablagerung gelangten. Die Gesteine der ersteren Art heißen Eruptiv- oder Massen-, die der letzteren Sediment- oder geschichtete Gesteine. Eine besondere Stellung nehmen die krystallinischen Schiefer ein, zu denen die Gneise, Glimmer-, Hornblende-, Chlorit-, Talkschiefer u. a. gehören; sie sind jedenfalls auch ursprünglich sedimentäre Bildungen und verdanken ihren heutigen krystallinischen Gesteinscharakter einer nachträglichen Umänderung (vergl. Metamorphismus, S. 161).

Die Anordnung zu erforschen, in der diese so verschieden gebildeten Gesteine zum Aufbau der festen Erdkruste benutzt worden sind, ist die Aufgabe der architektonischen oder kurz tektonischen Geologie (s. S. 182). Sie lehrt uns, daß sowohl die eruptiven, als die sedimentären Gesteine zwar bisweilen noch dieselben Lagerungsverhältnisse wie zur Zeit ihrer Ablagerung zeigen, daß aber in der Regel mehr oder weniger bedeutende Änderungen dieses Zustandes stattgefunden haben, die besonders deutlich bei den sedimentären Gesteinen hervortreten müssen, weil deren Schichten ursprünglich horizontal gelagert waren oder doch nur einen sehr geringen Neigungswinkel mit dem Horizont bildeten. Meist sind diese Schichten aus der ursprünglich wagrechten (söhligen, s. S. 186) in eine gestörte oder dislozierte Stellung gebracht worden, in der sie gegen den Horizont unter einem bestimmten Winkel, dem Fallwinkel, geneigt sind. Beträgt dieser etwa 90°, so heißen die Schichten saiger (s. a. S. 150); ist er noch größer, so nennt man sie überkippt. Außer dem Fallwinkel ist zur Bestimmung der Lage der geneigten Schicht noch die Angabe ihrer Streichungsrichtung erforderlich, d. h. des Winkels, den die Durchschnittslinie der Schicht in einer Horizontalebene mit der Nord-Süd-richtung bildet. Ist in nebenstehender Figur 388 $ABCD$ die Horizontal-, $PQRT$ die geneigte Ebene, PQ die Durchschnittslinie beider, NS die Nord-Südrichtung, so giebt $\angle\ PFN = \psi$ den Streichungswinkel, $\angle\ EFG = \varphi$, der von den beiden zu PQ im Punkte F senkrechten Geraden EF und FG gebildet wird, den Fallwinkel an[1]).

Fig. 388.



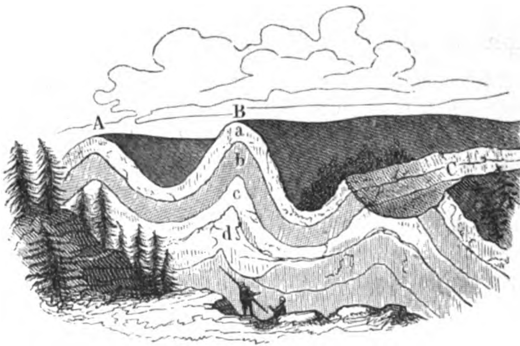
[1]) Die in den nachfolgenden Ausführungen erläuterten Begriffe sind teilweise schon bei der Beschreibung der geologischen Wand im Humboldthain (S. 279 und 280) erwähnt, mußten aber hier im Zusammenhang nochmals angeführt werden.

Zwei Vorgänge nun haben die Schichtenstörungen bewirkt, nämlich einerseits die Faltung, andererseits die Verwerfung oder der Bruch.

α) Faltung.

Die Faltung ist die Folge einer seitwärts auf die Gesteine ausgeübten Kraft, infolge deren sie in ähnlicher Weise verbogen werden, wie eine Anzahl übereinander liegender, mittels eines Gewichtes beschwerter Tuchstücke unter der Wirkung eines seitwärts ausgeübten Druckes. Man unterscheidet die vertieften Mulden oder Synklinalen[1]), deren nach unten konvergierende Seitenwände oder Flügel gleichsinnig (synklinal) nach der Mulden- oder Synklinallinie einfallen, von den Sätteln oder Antiklinalen[1]), deren Flügel nach oben konvergieren. Ihre Seitenwände fallen widersinnig (antiklinal) von der Sattellinie (Antiklinale) ab. Ein Sattel und eine Mulde bilden zusammen eine Falte. Ist das Gestein auf dem Sattelkamme durch irgend welche Ursachen (Verwitterung, Denudation) abgetragen, so entsteht ein Luftsattel, dessen Rücken aus dem Verlauf der Antiklinalen konstruiert werden kann. Fig. 389 veranschaulicht diese Verhältnisse. Bei *A* und *B* befinden sich zwei Sättel, die durch eine Mulde getrennt sind, während *C* einen Luftsattel darstellt, an dem die Schichtenköpfe zweier die Antiklinale bildender Schichten sichtbar sind. Zwischen *A* und *B* liegt eine Mulde, während die ganze Falte von *B* bis zur Tiefe des links von *A* befindlichen Sattelflügels reichen würde. Wenn, wie in der erwähnten Zeichnung, die Ebene, welche die zu einer Falte gehörende Syn- und Antiklinale (Achsenebene oder Achse) symmetrisch teilt, vertikal steht, so heißt die Falte stehend; ist die Achsenebene dagegen geneigt, so nennt man die Falte schief, und liegt die Achsenebene endlich nahezu horizontal, so wird die Falte als liegend bezeichnet (vergl. Fig. 190, S. 292 links bei 2-2 und Fig. 192, S. 294, unterhalb des Luftsattels 5-5.)

Fig. 389.



Der Winkel, unter dem die Flügel der Mulden und Sättel gegen den Horizont geneigt sind, kann innerhalb weiter Grenzen schwanken. Während er bei flachen Falten nur wenige Grad beträgt, kann er in anderen Fällen Werte von nahezu 90° erreichen. Dies ist der Fall bei den Isoklinalfalten[1]), deren Flügel demnach der Achse nahezu parallel laufen, und die daher zu der Täuschung führen können, als habe man es mit einer Reihe sehr mächtiger, einseitig aufgerichteter, paralleler Schichten zu thun. Wächst

[1]) Von σύν = syn, zusammen, bezw. ἀντί = anti, entgegen, ἴσος = isŏs, gleich, und κλίνω = klinō, ich neige mich hin.

der Neigungswinkel noch mehr, so daß die Flügel der Mulden der Achse nicht zu-, sondern von ihr wegfallen, und daß umgekehrt die der Sättel der Achse zufallen, so erhält man die immer nur Luftsättel bildenden Fächerfalten. Auch bei den Isoklinal- und den Fächerfalten unterscheidet man stehende, schiefe und liegende, je nachdem ihre Achse vertikal, geneigt oder nahezu horizontal ist. Die Fächerstruktur ist in besonders großartiger Weise in dem aus Gneis und krystallinischen Schiefern bestehenden Centralmassiv der Alpen ausgebildet, wie die beifolgende Fig. 390 erkennen läßt. Das Profil zeigt in der Mitte im St. Gotthardmassiv ein schönes Beispiel eines großen, fächerförmig gebauten Luftsattels, links davon befinden sich im Gneis Isoklinalfalten, während sich ganz links zwischen Großer und Schächenthaler Windgälle eine gewaltige liegende Mulde erstreckt, deren innere, dem Eocän angehörende Schichten im Norden und Süden von mesozoischen Schichten und Rotliegendem, teilweise sogar vom Gneis überlagert sind.

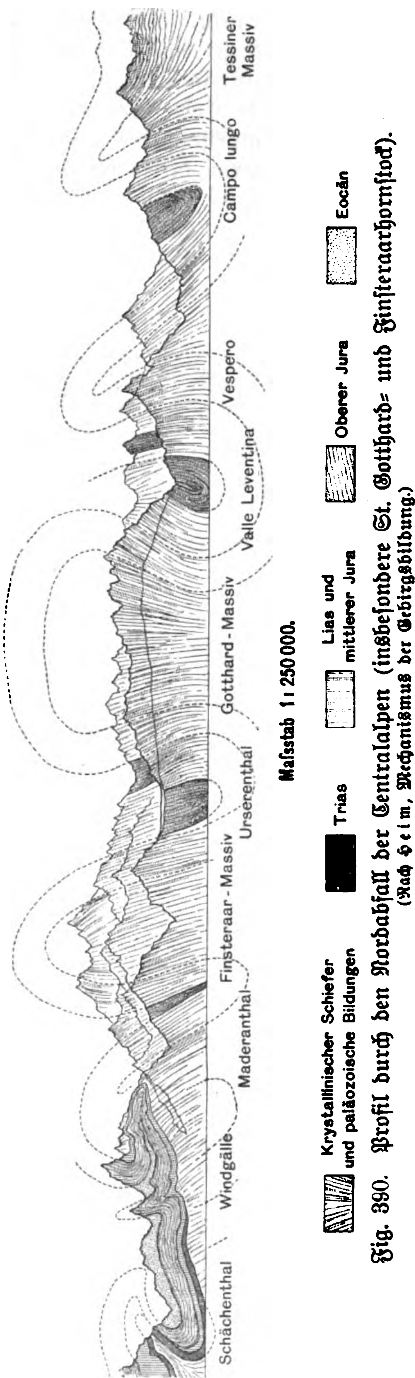


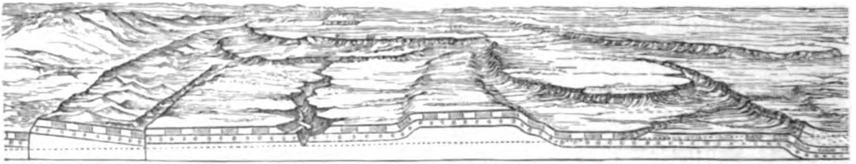
Fig. 390. Profil durch den Nordabfall der Centralalpen (insbesondere St. Gotthard- und Finsteraarhornstock). (Nach Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung.)

β) Brüche oder Verwerfungen.

Während die Falten durch einen horizontal wirkenden Druck entstanden sind, haben sich die Brüche oder Verwerfungen (S. 188) dadurch gebildet, daß sich ein kleineres oder größeres Stück der Erdrinde radial gegen den Erdmittelpunkt hin bewegte. Sie setzen zu ihrer Entstehung das Vorhandensein von Spalten voraus, die sich zwar aus verschiedenen Ursachen bilden können (s. S. 691), meistens aber eine Folge der Faltung sind, indem die Spannungen oder Pressungen, welche die Gesteine dabei erfahren, so groß werden, daß die Grenze ihres Zusammenhanges überschritten wird. Wenn nun einer

der beiden Flügel der Spalte eine Verschiebung in radialer Richtung erfährt, so entsteht eine Verwerfung, die man als echte Verwerfung bezeichnet, wenn der in Bezug auf die Spalte höher gelegene (hangende) Flügel; dagegen als Überschiebung, wenn der tiefer gelegene (liegende) Flügel sich nach dem Erdmittelpunkte hin bewegt hat. Echten Verwerfungen begegnet man häufig in Gebieten, deren Schichten horizontal lagern oder nur schwach geneigt sind; Überschiebungen dagegen in Gebieten mit gefaltetem Schichtenbau. Ein großartiges Beispiel von Verwerfungen bildet das Coloradoplateau von Nordamerika. In dem in Fig. 391 gezeichneten Durchschnitt sieht man in den

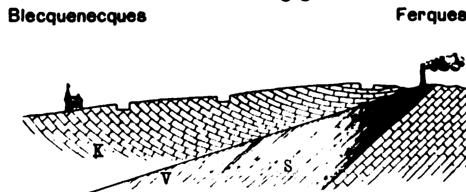
Fig. 391.



Das Coloradoplateau in Arizona, Nordamerika. Vierfach überhöht.
(Nach Powell.)

nahezu horizontalen Schichten links eine Verwerfung, während sich in der Mitte und rechts die horizontale Schichtentafel auf ein tieferes Niveau gesenkt hat, ohne daß der Zusammenhang der Schichten unterbrochen wurde. Man nennt diese Schichtenstörung eine Flexur[1]). Eine der großartigsten Überschiebungen ist die, welche auf einer von Aachen über Lüttich bis an den Pas de Calais, 380 km weit, sich erstreckenden, flach nach Süden einfallenden

Fig. 392.



Belgisch-Nordfranzösische Überschiebung bei Ferques, Dep. Pas-de-Calais.
(Nach C. Barrois in Credner, Elemente der Geologie.)

Spalte (*V*) stattgefunden hat (Fig. 392); infolge derselben sind subkarbonische Schichten, *K* (Kohlenkalk), ja selbst ältere Schichten (Devon und Silur) eine Strecke weit hinaufgeschoben, so daß in mehreren Schächten unterhalb des Kohlenkalkes produktive Flötze des Oberkarbons (*S*) gefunden wurden.

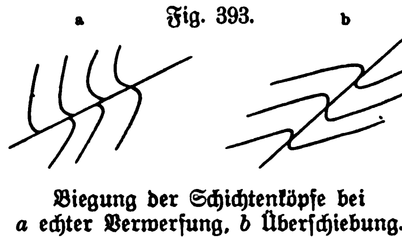
Die Größe der Verschiebung, welche bei den echten Verwerfungen sowohl als bei den Überschiebungen stattgefunden hat, heißt Sprunghöhe; man unterscheidet den vertikalen Abstand der verschobenen Schichten als saigere Sprunghöhe von der auf der Spalte gemessenen Größe der Verschiebung.

[1]) Flexura (lat.), die Biegung, Krümmung.

der flachen Sprunghöhe. Ihr Betrag schwankt ebenfalls zwischen weiten Grenzen. Während sich in vielen Fällen die Verschiebung erst nach sorgfältiger Untersuchung nachweisen läßt, mißt sie in anderen Hunderte, ja Tausende von Metern. So hat man die Größe der oben erwähnten nordbelgisch-französischen Überschiebung in der Nähe von Aachen, wo der Verwerfungsspalte die schon im Altertume bekannten warmen Quellen entspringen, auf 800 bis 1000 m geschätzt, und im Departement Pas de Calais erreicht sie wahrscheinlich den drei- bis vierfachen Wert. Diese hohen Zahlen machen es erklärlich, warum nicht selten Schichten- und Massengesteine von wesentlich verschiedenem Alter unmittelbar nebeneinander liegen.

Die Begrenzungsflächen der Spalte, längs deren die Verwerfung stattfand, haben sich in der Regel durch die mechanische Einwirkung der Gesteinsmassen in charakteristischer Weise verändert; die Flächen sind geglättet, gleichsam poliert und in der Bewegungsrichtung mit Schrammen versehen. Die Gesteinstrümmer füllen dann als Reibungsbreccie die Spalte an. Die Enden der anstoßenden Schichten sind in charakteristischer Weise gebogen, so daß man an der Art dieser als Schleppung der Bruchränder bezeichneten Biegung bereits erkennen kann, ob eine echte Verwerfung oder eine Verschiebung stattgefunden hat. So deutet in Fig. 393a, in welcher die schräg verlaufende Linie die Verwerfungsspalte bezeichnet, die Biegung der Schichten auf eine abwärts gerichtete Bewegung des Hangenden, also auf eine echte Verwerfung, während in Fig. 393b aus der Art der Umbiegung, die die Enden der Schichten erfahren haben, auf eine Abwärtsbewegung des Liegenden, also auf eine Überschiebung geschlossen werden muß.

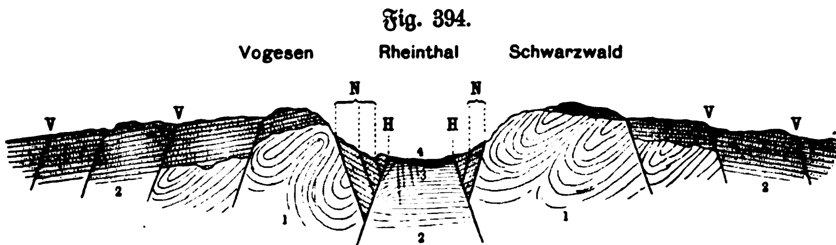
Fig. 393.



Biegung der Schichtenköpfe bei *a* echter Verwerfung, *b* Überschiebung.

Die Verwerfungsspalten treten nicht selten in derselben Gegend in größerer Zahl auf, so daß dann auch mehrere Verwerfungen nebeneinander stattfinden können. Verlaufen die Spalten annähernd parallel (geradlinig), und wiederholt sich das Absinken einer Schichttafel mehreremale nacheinander, wie dies in nachstehender Fig. 394 längs der Spalten *V*, *V* mit den Schichten des

Fig. 394.



Profil durch das obere Rheinthal.
HH Hauptspalten, *NN* Nebenspalten, *VV* Verwerfungen; — 1 Gneis und Granit, 2 Trias und z. T. Jura, 3 Tertiär, 4 Rheindiluvium.
(Nach Andreae in Credner, Elemente der Geologie.)

Buntsandsteines und Juras (2) geschehen ist, so entstehen **Staffelbrüche**. In dem in der Abbildung dargestellten Beispiele haben sich diese Staffelbrüche zu beiden Seiten je einer mittleren stehen gebliebenen Scholle vollzogen. Derartige Schollen nennt man **Horste**, und der Schwarzwald sowohl als die Vogesen werden daher vielfach als Horstgebirge bezeichnet (s. indes S. 721). Der zwischen diesen beiden Horsten längs der Spalten *H* und *N* in die Tiefe gesunkene Streifen bildet eine **Grabenversenkung**. Eine solche stellt demnach die oberrheinische Tiefebene dar; auf den gesunkenen, der Trias und dem Jura zugehörigen Schichten haben sich tertiäre und diluviale Bildungen abgelagert. Auch das bis in den Golf von Akaba sich fortsetzende, vom Jordan durchströmte Ghor[1]) bildet ein großartiges Beispiel einer Grabenversenkung.

Verlaufen die Spalten, längs deren nacheinander Verwerfungen innerhalb desselben Gebietes erfolgten, nicht geradlinig, sondern bilden sie konzentrische, in sich geschlossene Linien (Kreise, Ellipsen), so entstehen **Kesselbrüche**. Das Wiener Becken, ferner die weite Bucht, an deren innerster Stelle Graz liegt (die beiden Eingangspunkte sind durch die Lage der Orte Güns im Norden und Marburg a. Drau im Süden bezeichnet), endlich die an der Westküste Italiens einander folgenden Golfe von Genua, Neapel, Policastro, Sant' Eufemia und Gioca können als Beispiele für derartige Kesselbrüche gelten.

b) Entstehung der Gebirge.

α) Geschichtliches.

Eine ganz besondere Bedeutung erhalten diese beiden innerhalb der Erdrinde sich vollziehenden Bewegungsvorgänge dadurch, daß wir sie als die Ursache für die Entstehung der Gebirge anzusehen haben. Das Problem der Gebirgsbildung hat bereits die griechischen Philosophen beschäftigt, und schon **Empedokles**, ein Zeitgenosse des Herodot, und später **Strabo** äußerten die Ansicht, die bis weit in das vorige Jahrhundert die herrschende gewesen ist, daß „das Feuer der Tiefe die Berge emporgehoben habe“, daß also die Gebirge durch einen einmaligen centrifugal gerichteten Stoß entstanden seien, der durch emporbringende Eruptivmassen ausgeübt wurde. Diese Ansicht fand eine Stütze in der oft beobachteten Thatsache, daß der Centralkern der Gebirge aus Eruptivgesteinen besteht; in den Fällen, in denen man ihn aus anderem Gesteinsmaterial aufgebaut fand, nahm man an, daß jene in der Tiefe verborgenen Gesteine einstweilen der Beobachtung unzugänglich seien. Diese Erhebungstheorie fand ihren Hauptvertreter in dem französischen Geologen **Elie de Beaumont**, der ausführte[2]), daß der Hebungsakt sich von Zeit zu Zeit wiederhole, und daß durch ihn nicht nur die Gebirge emporgehoben, sondern auch die Thäler aufgerissen seien. Bedeutende Geologen, wie **Leopold v. Buch** und **Alexander v. Humboldt** in Deutschland, **Playfair** und **Hutton** in England, haben an dem Ausbau der Theorie Beaumonts mitgewirkt. Allein

---

[1]) Arabische Bezeichnung für „Niederung“, im Besonderen für die Senkung des Jordanthales.

[2]) In seinen 1829 und 1830 in den Ann. des sciences naturelles erschienenen Aufsätzen: Remarques sur quelques-unes des révolutions de la surface du globe.

schon dieser mußte später die Anzahl der von ihm ursprünglich aufgestellten Erhebungssysteme, die sämtliche Gebirge umfassen sollten, von 12 auf 30 erhöhen, ein Umstand, der wenig zu Gunsten seiner Theorie sprach. Inzwischen hatte sich Lyell[1]) in nachdrücklicher Weise gegen die Annahme von katastrophenähnlichen Entwickelungsphasen des Erdballes gewendet, und wenn er auch selbst nicht die Folgerungen aus seinen Ansichten auf das Problem der Entstehung der Landoberfläche anwendete, so bereitete er doch den Boden vor, auf dem sich die gegenwärtigen Ansichten über die Gebirgsbildung entwickeln konnten. Um ihre Begründung und Ausbildung haben sich namentlich Sueß[2]) und Heim[3]) hervorragende Verdienste erworben.

β) Begriff und Arten der Gebirge.

Im Gegensatz zu den Flachböden, d. h. den umfangreichen Gebieten, innerhalb deren nur ein sehr geringer Wechsel in der Oberflächenneigung beobachtet wird und deren Grenzform die Ebene darstellt, bezeichnet man diejenigen Teile der Erdoberfläche, die auf einem engen Gebiete einen starken Wechsel von größerer oder geringerer Neigung erkennen lassen, als Gebirge. Unter ihnen unterscheidet man wesentlich zwei Arten: die Ketten- und die Massengebirge. Treffend schildert M. Neumayr den Charakter der ersteren, wenn er sagt[4]): „Schaut man von einer der bedeutenderen Höhen des südlichen Schwarzwaldes, etwa vom Wartturm des Feldbergs, an einem klaren Tage nach Süden, so erblickt man in ungeheurer Ausdehnung am Horizonte die riesige Zackenmauer der Alpen; vom Hochvogel im Algäu bis zum fernen Eisdom des Montblanc drängt sich Gipfel an Gipfel. Hier sind die Schichten gewaltig gestört, zu mächtigen Falten sind die Gesteine aufgebaut und aufgepreßt, in schärfster Entwickelung treten die Kammlinien in mehrfacher Folge hintereinander auf, und jede Kette ist in ihrem Verlauf von der Schichtstellung, von der Anordnung der Falten und Störungslinien streng abhängig, während die Erosion, wenn auch in riesigem Umfange thätig, nur die Modellierung der Einzelheiten bedingt: es ist der vollkommenste Typus eines Kettengebirges.“ Und an einer anderen Stelle[5]) charakterisiert derselbe Verfasser von dem nämlichen Standpunkte aus das Wesen des Massengebirges mit den Worten: „Vor uns liegen in unmittelbarer Nähe, wie ein Meer, das nach dem Sturme in unregelmäßiger Dünung mit breiten Wogen flutet, die welligen, sanft geneigten Berghäupter des Schwarzwaldes, nicht in scharf gezogenen Ketten an einander gereiht, in unbestimmter Gruppierung.“

Zu den Kettengebirgen gehören die höchsten Erhebungen der Erdoberfläche; außer den Alpen und den damit im Zusammenhang stehenden Gebirgen

[1]) In seinen Grundzügen der Geologie (1830).

[2]) E. Sueß, Die Entstehung der Alpen. Wien 1875. Derselbe, Das Antlitz der Erde. Wien, Leipzig, Prag, 1883 bis 1885. Derselbe, Über unterbrochene Gebirgsbildung. Wien 1886.

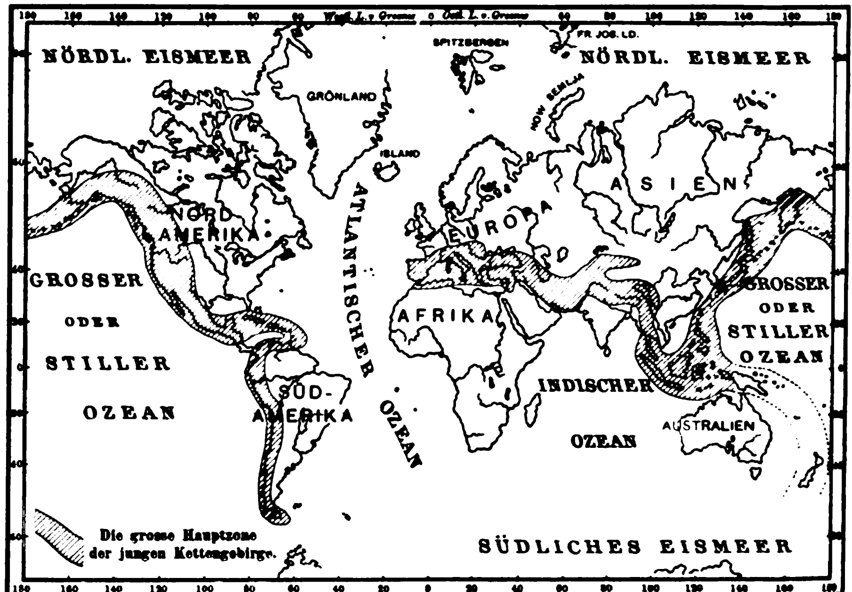
[3]) A. Heim, Untersuchungen über den Mechanismus der Gebirgsbildung. Basel 1878.

[4]) Erdgeschichte, Bd. I, S. 340.

[5]) Zeitschr. d. deutschen und österreichischen Alpenvereins, Bd. 19, 1, 1888.

(Karpathen, Pindus und Apenninen) im Westen von Europa die Sierra Nevada und die Pyrenäen, denen sich das Atlasgebirge in Marokko zugesellt; im europäischen Osten der Balkan und der Kaukasus; in Asien der Alburs, der Hindukusch, der Himalaja, Karakorum und Kuenlun, sowie die Gebirgszüge, welche die Ostküste von Asien auf der von Borneo bis Kamtschatka sich guirlandenartig erstreckenden Inselreihe begleiten; endlich die gewaltigen Erhebungen, welche die Westküste von Nordamerika entlang verlaufen und auf der Halbinsel Yucatan nach Nordwesten umbiegend die Antillen durchziehen, um im östlichen Venezuela den südamerikanischen Kontinent zu erreichen, dessen Westküste sie von Columbien bis zum Kap Horn begleiten. Sie liegen

Fig. 395.



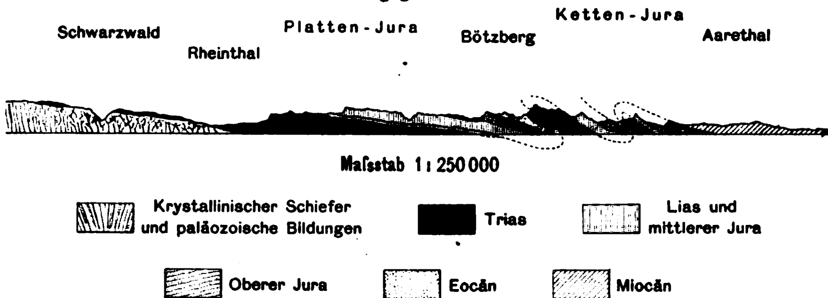
Verbreitung der jungen Kettengebirge auf der Erde.
(Nach Neumayr, Erdgeschichte, Bd. II.)

demnach (Fig. 395) in einer lang gestreckten Zone, die den Stillen Ocean im Osten, Norden und Westen umgiebt und sich von der Südostecke Asiens quer durch diesen Kontinent und durch Europa bis zum Atlantischen Ocean erstreckt.

Diese Kettengebirge sieht man nun als durch Faltung der Erdrinde entstanden an, und da bei diesen gewaltigen Vorgängen Teile der Erdrinde von wesentlich verschiedener Zusammensetzung emporgehoben wurden, so stellt man die Gebirge als zusammengesetzte Faltengebirge den weit weniger zahlreichen einfachen Faltengebirgen gegenüber, bei denen wesentlich eine und dieselbe Schichtenfolge dem Faltungsprozeß unterworfen war. Wohl das schönste Beispiel eines einfachen Faltengebirges ist der aus mesozoischen Schichten aufgebaute Schweizer Jura in demjenigen Teile, den man Ketten- oder Falten-

jura nennt (Fig. 396). Er ist auf einer von Porrentruy an der oberen Alle nach Olten an der Aare gezogenen Linie (vergl. das Profil Fig. 192, S. 294) ziemlich scharf gegen den Tafel- oder Plattenjura abgegrenzt, dessen Schichten (vielleicht unter dem Schutz des unter ihnen liegenden starren krystallinischen Gesteins) an der Faltung nicht teilnahmen. Die Gebirgskämme der einzelnen Parallelketten des Jura entsprechen den Sattellinien der Antiklinalen, die engen dazwischenliegenden Längsthäler der Sohle der Synklinalen. Ein Querprofil durch ein derartiges Gebirge läßt stets dieselben Gesteinsschichten erkennen, die, wie eine einfache Überlegung zeigt, in der Reihenfolge *a b c d c b a b* .... auf-

Fig. 396.



Profil durch den östlichen Jura.
(Nach Heim, Mechanismus der Gebirgsbildung.)

einander folgen müssen. Freilich ist zu bemerken, daß der ideale Fall, in welchem ein derartiger, an verschiedenen Stellen durch das Gebirge gelegter Querschnitt stets dieselbe Zahl von Falten erkennen lassen müßte, auch im Jurazug nicht entfernt vorliegt. Denn die einzelne Falte zieht sich niemals durch die ganze Länge des Gebirges, die zwischen Rhone- und Rheindurchbruch etwa 300 km beträgt, vielmehr schieben sich auf der konkaven Innenseite nordostwärts immer kürzer werdende Falten in die Schweizer Hochebene ein, so daß einige Jurathäler sich direkt gegen diese zu öffnen vermögen. Ein Querschnitt durch das Gebirge trifft daher von den mehr als hundert Falten, die man gezählt hat, kaum mehr denn acht bis zehn.

Bei den zusammengesetzten Faltengebirgen kann man in der Regel eine aus krystallinischen Gesteinen bestehende Centralachse unterscheiden (s. S. 714), zu deren beiden Seiten buckelförmig Schichten lagern, die um so jünger sind, je mehr man sich dem Gebirgsrande nähert. So besteht die Centralachse der Ostalpen aus Gneisen, denen beiderseits erst paläozoische, dann mesozoische, und endlich an den Rändern tertiäre Schichten folgen. Indes läßt sich dieser symmetrische Bau im großen und ganzen doch nur selten thatsächlich beobachten, weil zumeist infolge von Verwerfungen Teile des ursprünglich symmetrisch gestalteten Faltengebirges in die Tiefe sanken, und weil die älteren, namentlich die krystallinischen Teile nicht einmal, sondern wiederholt dem Faltungsprozeß unterworfen wurden. An den späteren Faltungsvorgängen beteiligten sich die Sedimente, die sich den inzwischen wieder vom Meere bedeckten krystallinischen Zonen aufgelagert hatten, und wenn diese letzteren

gegenwärtig in der Gebirgsachse zu Tage treten, so rührt dies daher, daß die Sedimente inzwischen wieder durch die erodierende Thätigkeit des Wassers entfernt wurden. Die krystallinische Centralzone der Alpen, die ebenso wie die im ganzen Längsverlauf des Gebirges nördlich davor liegende Kalkzone wiederholten Faltungsprozessen ausgesetzt war, zieht nicht in ununterbrochener Fortsetzung von Westen nach Osten; die einzelnen Faltenzüge der Westalpen sind vielmehr von denen der Ostalpen nahezu unabhängig. Die nördlich vor den Kalkalpen lagernde Sandstein- oder Flyschzone, sowie die äußersten aus Tertiärbildungen bestehenden Faltenzüge (in der Schweiz Molasse genannt) lassen sich dagegen von den Westalpen bis nach den Karpathen verfolgen. Im Süden fallen im Gegensatz zu dieser Reihenfolge verschiedener Bildungen die krystallinischen Schiefer der Westalpen steil und unvermittelt zur lombardischen Ebene hin ab. Hier befindet sich ein bedeutender Bruch und die piemontesische Ebene selbst ist ein weites Senkungsfeld.

Wie das Profil des Juragebirges (S. 717) erkennen läßt, ist dessen innerer Aufbau, obwohl sich an ihm überall dieselben Schichten beteiligen, doch insofern unsymmetrisch, als die südöstlich gelegenen Falten steil aufgerichtet, zum Teil nach Nordwesten übergekippt sind, während nach Nordwesten hin allmählich eine Verflachung, ein Austönen des Faltenwurfs eintritt. Eine derartige Asymmetrie findet sich bei den meisten Kettengebirgen; sie ist in auffallender Weise auch bei den Alpen nachgewiesen, deren Falten ganz überwiegend nach Norden überstürzt sind. Man erklärt diese Asymmetrie in der Tektonik der Faltengebirge durch die Annahme, daß der horizontal gerichtete Druck, dessen Ergebnis das Faltengebirge ist, stets einseitig gewirkt hat. Da wo die Druckwirkung am stärksten war, an der sogen. Rückseite des Faltengebirges (bei den Alpen also an der Südseite), wurden die Schichten am stärksten gebogen; es entstanden Spalten, die dann die Veranlassung zur Entstehung des Senkungsfeldes gaben, und deren Richtung nicht selten durch das Vorhandensein von Vulkanen oder von jüngeren Eruptivgesteinen angezeigt wird. An der Vorderseite, d. h. derjenigen, nach welcher das Gebirge gewissermaßen vorzudringen scheint, erfuhr die Druckwirkung eine zunehmende Abschwächung. Ähnliche Verhältnisse finden sich auch bei den außerordentlich charakteristisch gebogenen Karpathen; ferner beim Apennin, dessen dem Tyrrhenischen Meere zugewendete konkave Seite ein von einer Vulkanreihe umsäumtes Senkungsgebiet umschließt; bei der Sierra Nevada in Spanien; beim Himalaja und den bereits erwähnten asiatischen Inseln, die ihre konvexen Außenseiten dem Stillen Ocean zukehren, während sich auf der konkaven Innenseite ein ebenfalls durch eine Reihe von Vulkanen markiertes Einbruchsgebiet befindet. Aus der Gestalt der erwähnten Kettengebirge würde folgen, daß in Europa die faltenden Kräfte im allgemeinen von Süden, in Asien dagegen von Norden her gewirkt haben.

Daß das Vorland eines Faltengebirges einen maßgebenden Einfluß auf den Verlauf der Falten ausübt, zeigt ebenfalls sehr schön der Verlauf des Jura und der Alpenketten. Ältere Gebirgsschollen, wie das Centralplateau Frankreichs, die Granitinsel von Dôle, die Vogesen und der Schwarzwald, endlich das böhmische Massiv, setzten der Faltung eine Grenze oder änderten

ihre Richtung. Namentlich ist der Einfluß des böhmischen Massivs deutlich erkennbar; wo dieses zwischen Linz und Wien die Donau überschreitet, bewirkt es eine Richtungsänderung und ein Zusammendrängen nicht nur der Falten der Kalkalpen, sondern auch derjenigen der Centralalpen. Östlich von Wien tritt das böhmische Massiv nach Nordnordosten zurück, und sogleich ändern die Alpenketten ziemlich unvermittelt ihre Richtung, um nordöstlich gewendet in die Karpathen überzugehen. Auf den südlich vom Schwarzwald gelegenen ungefalteten Tafeljura wurde bereits hingewiesen (S. 717). Auch dem Südrande der Vogesen ist eine ähnliche ungefaltete Juraschicht vorgelagert. Südlich von beiden treffen wir den stark gefalteten Kettenjura; seine Triasablagerungen sind an der Berührungsstelle mit dem Tafeljura vielfach über dessen jurassische und tertiäre Schichten überschoben. Als Grenze zwischen dem Ketten- und dem Tafeljura wurde oben (S. 717) die Linie Porrentruy—Olten bezeichnet. In der Grabenversenkung des Rheinthales schieben sich jedoch die Falten des Jura viel weiter nördlich (bis nach Pfirt) vor, und ebenso springen sie zwischen der Granitpartie von Dôle und den Vogesen nach Norden über den allgemeinen Gebirgsrand hinaus.

Die Thatsache, daß feste, anscheinend spröde Gesteinsschichten (Kalksteine Kiesel- und Thonschiefer, Sandsteine) auf weite Strecken hin in der mannigfachsten Weise gewunden und gebogen sind, ohne zu zerbrechen — auf die großartigen S-förmigen Biegungen der Kalksteinbänke und Thonschiefer an dem Axenberg am Vierwaldstättersee wurde bereits hingewiesen (S. 293), auch anderwärts, wie am Urnersee, lassen sich dieselben beobachten — wird durch die Änderungen begreiflich, die die Struktur der Gesteine infolge des gewaltigen, auf sie ausgeübten Druckes erfährt. Man unterscheidet zwischen der rupturellen und der plastischen Umformung. Bei der ersteren wird das Gestein durch feine Sprünge und Klüfte in eine sehr große Zahl von Bruchstücken zerlegt, die sich unter der Einwirkung des Druckes verschieben und in der neuen Lage entweder lose neben einander liegen bleiben, oder, was das Gewöhnlichere ist, durch Mineralinfiltrationen (Quarz, Kalkspat) wieder verkittet werden. Die Gesteine bekommen dadurch eine breccienähnliche Beschaffenheit. Die plastische Umformung besteht in einer unter hohem Drucke erfolgenden Verschiebung der Gesteinsmolekeln, ohne daß Bruchflächen bemerkbar sind; die Gesteine werden unter hohem Drucke plastisch. Eine besondere Art der plastischen Umformung ist die bereits S. 186 erwähnte Erscheinung der transversalen Schieferung, welche nicht selten die ursprüngliche, der Schichtung parallellaufende Schieferung vollständig verdecken kann. Die Gesteinselemente nehmen infolge des seitlichen Druckes eine flache lamellare Gestalt an, und indem diese Lamellen sich sämtlich senkrecht zur Druckrichtung anordnen, bildet sich eine in derselben Richtung stattfindende Spaltbarkeit innerhalb des Gesteines aus. Die Versuche von Tyndall und Sorby haben diese Erklärung sehr wahrscheinlich gemacht. Glimmerblättchen wurden regellos in Thon eingebettet, den man dann einem starken Drucke aussetzte. Es zeigte sich alsdann, daß alle Glimmerblättchen eine parallele, senkrecht zur Druckrichtung verlaufende Lage angenommen hatten. Auch die Griffelstruktur, infolge deren viele Schiefer beim Schlagen in dünne prismatische Stücke zerfallen, hängt

mit der Transversalschieferung zusammen. Eine Folge der Druckwirkung ist endlich auch die Fältelung der Gesteine, bei der auch kleinere Bruchstücke eine bis in das Einzelne gehende Fältelung und Stauung erkennen lassen (Fig. 397).

Fig. 397.



Gefälteter Phyllit von der Insel Anglesea. $^1/_5$ nat. Größe. Original im Museum Marburg a. L. (Nach Kayser, Geologie, Bd. I.)

Im Anschluß an diese Veränderungen ist endlich noch die als Dynamometamorphose (regionale Metamorphose) bezeichnete Strukturveränderung zu erwähnen, infolge deren manche Gesteine aus dem ursprünglichen dichten Zustand in den krystallinischen übergehen. Sie ist stets an das Vorhandensein einer Schichtenstörung, also eines auf das Gestein ausgeübten Druckes gebunden; wenigstens ist sie bei ungestörtem Schichtenbau noch nicht beobachtet worden. Sie äußert sich besonders an kalkigen oder thonigen Gesteinen. So werden dichte Kalksteine in krystallisierenden Marmor umgewandelt, in dem sich dann die verschiedensten krystallisierten Silikate (Glimmer, Granat, Turmalin) oder andere Mineralien, wie Magneteisenstein, ausbilden. Das Entstehen des berühmten Marmors von Carrara wird auf diese Weise erklärt. Schieferthone gehen in Phyllit, Sericit und Gneis über, wie dies Lossen an den paläozoischen Thonschiefern des südöstlichen Harzes (in der Gegend von Wippra) nachwies. Seltener und in weniger auffallender Weise unterliegen Eruptivgesteine der Dynamometamorphose. Sie nehmen eine flaserige Struktur an (es ist nicht unwahrscheinlich, daß ein großer Teil der Gneisgesteine auf diese Weise aus granitischen entstanden ist), oder es bilden sich aus ihnen ganz neue Mineralien (Chlorit, Talk, Albit, Aktinolith u. s. w.) (vergl. auch S. 217).

Während die Kettengebirge, wie im Vorhergehenden ausgeführt wurde, durch die Wirkung einer seitlich gerichteten, die Erdschichten faltenden Kraft emporgehoben sind, verdanken die Massengebirge ihren gegenwärtigen Umriß im wesentlichen einer radial gegen den Erdmittelpunkt gerichteten Bewegung. Sie stellen Landschollen dar, die aus dem Grunde über das Niveau der Umgebung emporragen, weil an einer Seite oder an ihrem ganzen Umfange größere Erdrindenstücke in die Tiefe gesunken sind. Aus diesem Grunde heißen sie auch Schollengebirge. Über das Wesen der Bruchlinien und der längs derselben stattfindenden Verwerfungen ist bereits gesprochen worden (S. 712). Umgeben die Bruchlinien die stehenbleibende Scholle derart, daß an ihrem ganzen Umfange oder doch an einem größeren Teile desselben ein Absinken in die Tiefe erfolgt, so entsteht ein Horstgebirge; finden sie sich dagegen parallel verlaufend nur auf einer Seite, oder ist nur eine Bruchlinie vorhanden, so bildet sich ein Schollenrand-

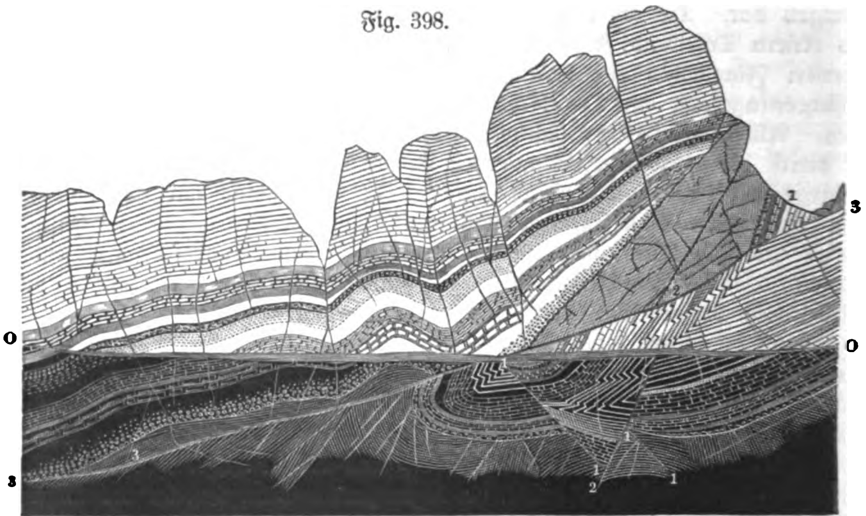
gebirge. Als Beispiel für ein solches kann das Erzgebirge gelten, an dessen nach Böhmen abfallender Südostseite sich das mit tertiären Schichten ausgefüllte Senkungsgebiet befindet, während die stehengebliebene Scholle sich mit sanfter Neigung nach Nordwesten abdacht und nach dieser Richtung hin von dem Flußsystem der Mulde entwässert wird. Als Beispiel für ein Horstgebirge wurden oben (S. 714) der Schwarzwald und die Vogesen angeführt, die indes beide richtiger als Schollenrandgebirge aufzufassen sind, weil das Vorhandensein von Bruchlinien auf der der oberrheinischen Tiefebene abgewendeten Seite nicht mit Sicherheit festgestellt ist. Dagegen stellt der Harz mit seiner sich scharf gegen die Ebene abhebenden Umgrenzung, der nachgewiesenermaßen zahlreiche Verwerfungsspalten entsprechen, ein typisches Beispiel eines Horstgebirges dar. Das S. 712 abgebildete Profil des Coloradoplateaus zeigt, wie aus einem Tafelland, d. h. einem ringsum mit abfallenden Gehängen umgebenen Flachboden von beträchtlicher Ausdehnung und nahezu horizontaler Schichtenlagerung ein Tafelschollengebirge oder Tafelgebirge entstehen kann. Allerdings tritt bei ihm wegen der großen Breite der einzelnen Schollen, die durch die meridional verlaufenden Verwerfungslinien gebildet werden, der Gebirgscharakter wenig deutlich hervor. In Deutschland hat das zwischen dem rheinischen Schiefergebirge und dem Thüringer Becken gelegene hessische Berg- und Hügelland, ursprünglich ein dem bunten Sandstein angehörendes Plateau, seine gegenwärtige Gliederung zum größten Teil durch eine Anzahl nord-südlich verlaufender Verwerfungsspalten erhalten.

Auch die Falten eines Faltengebirges können in einzelne Schollen zerlegt werden, wenn die Bruchlinien quer zur Streichungsrichtung der Schichten verlaufen. Beispiele für die dann entstehenden Faltenschollengebirge sind die beiden in der Verlängerung der Ostalpen einander parallel bis zur Donau verlaufenden Gebirgssysteme des Bakony- und des Leithagebirges; vor allem aber die Thessalien an der Ostseite begrenzenden Gebirgspfeiler des Olymp, Ossa und Pelion, die samt dem die Südgrenze von Thessalien bildenden Othrysgebirge Teile eines ostwestlich von Kleinasien herüberstreichenden Systems paralleler Falten darstellen. Die Kammlinie des Othrys folgt der Richtung dieser parallelen Falten, die der drei anderen Gebirge verläuft dagegen senkrecht zu ihr.

Auch die deutschen Mittelgebirge (Rheinisches Schiefergebirge, Thüringer Wald, Harz, Sudeten, Böhmer Wald, Schwarzwald und Vogesen) sind Reste ehemaliger Faltengebirge; sie erhielten jedoch ihre heutige Umgrenzung durch das Niedersinken benachbarter Landgebiete erst zu einer Zeit, als infolge der abnagenden Wirkung namentlich des fließenden Wassers der frühere Hochgebirgscharakter verloren gegangen war. Man nennt diese Gebirge deshalb wohl auch Rumpfschollengebirge. Ein genaueres Studium ihres Baues ergiebt, daß die Schichten, die sie zusammensetzen, in genau derselben großartigen Weise durch Faltung gestört sind, wie dies bei den Kettengebirgen der Fall ist, und man ist daher zu der Annahme berechtigt, daß da, wo sich heute nur ein niedriges Massengebirge, bisweilen sogar nur eine kaum gewellte Fläche befindet, einstmals ein bis zur Höhe der Alpen und darüber hinaus emporsteigendes Hochgebirge emporragte. Im westfälischen Steinkohlengebirge

sind die gefalteten Schichten gegenwärtig durch Kreideablagerungen verdeckt, und ähnliches gilt für das Saarburger und belgische Kohlenrevier. Für das letztere ist der Versuch gemacht worden, aus den vorhandenen Resten die früheren Umrisse des verschwundenen Hochgebirges wieder herzustellen. Die nachstehende Abbildung (Fig. 398) zeigt diese Rekonstruktion. Die unteren dunkleren Partien sind die dem Karbon und Devon angehörenden, etwa 4500 m mächtigen Schichten, die in der Linie *O O* zum Teil an die Erdoberfläche treten, zum Teil von den weit später abgelagerten Kreideschichten bedeckt sind. Die helleren Partien veranschaulichen dagegen das früher vorhandene Hochgebirge, dessen Höhe von den belgischen Forschern auf 5000 bis 6000 m geschätzt wird.

Fig. 398.



Ergänztes Gebirge.
O O heutige Erdoberfläche; 1–1, 2–2, 3–3 große Faltenverwerfungen.
(Nach Cornet und Briart.)

Es ist nun sehr unwahrscheinlich, daß jedes der deutschen Mittelgebirge den Rest eines selbständigen Hochgebirges darstellt; vielmehr spricht die gemeinsame Faltungsrichtung, welche die alten Schichten dieser Gebirge zeigen, dafür, daß sie die Reste eines einzigen großen Hochgebirges sind. Man muß hier wohl unterscheiden zwischen der Richtung, in der sich diese Gebirge heute erstrecken, und der Streichungsrichtung ihrer Schichten. Während z. B. der Schwarzwald und die Vogesen ihre Haupterstreckung von Norden nach Süden besitzen, zeigt sich, daß die Streichungsrichtung der archäischen Schichten dieser beiden Gebirge vorzugsweise von Südwesten nach Nordosten verläuft, daß sie also durch eine von Südosten her wirkende Kraft gefaltet wurden. Dieselbe Streichungsrichtung zeigen auch die paläozoischen Schichten des Thüringer- und des Frankenwaldes; sie ist mithin der von Nordwesten nach Südosten verlaufenden Kammrichtung der beiden Gebirge gerade entgegengesetzt. Und weiterhin begegnen wir derselben Streichungsrichtung (von Südwesten nach

Nordosten) im rheinischen Schiefergebirge und im Harz, dessen Schichten allerdings später nochmals in einer nahezu rechtwinklig stehenden Richtung gefaltet sind. Jene Faltungsrichtung ist so ausgeprägt, daß man sie als rheinische oder niederländische bezeichnet hat. Sie erfährt im Erzgebirge eine Umbiegung zunächst nach Osten und dann nach Südosten, und diese letztere, die sog. sudetische Richtung, läßt sich im Lausitzer Gebirge und weiterhin in den Sudeten bis an den Rand der Karpathen verfolgen. Die genannten Mittelgebirge sind demnach sehr wahrscheinlich die Reste eines gewaltigen Kettengebirges, welches im östlichen Frankreich (etwa am dritten Längengrad östlich von Greenwich) beginnend, sich in nordöstlicher Richtung bis zum Meridian von Görlitz erstreckte, wo es dann nach Südosten umbog, also eine ähnliche Richtungsveränderung zeigte, wie wir sie heute noch an den Alpen beobachten. Sueß hat dieses ehemalige Hochgebirge nach dem alten germanischen Volksstamm der Variscer, der bei Hof seinen Hauptsitz hatte, als Variskisches Gebirge bezeichnet.

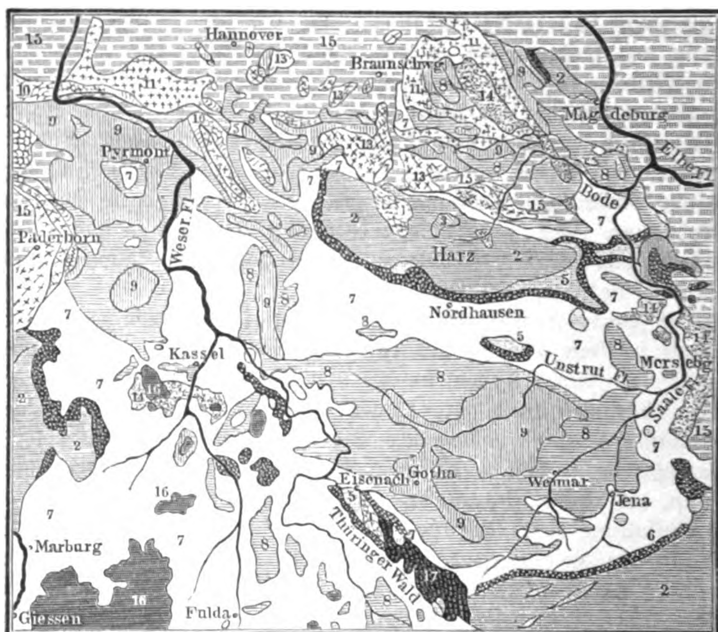
Auch in seinem Aufbau war dieses ehemalige Kettengebirge den heutigen Hochgebirgen insofern ähnlich, als es dieselbe Asymmetrie zeigte, wie diese (s. S. 718). An seiner Außenseite, die von dem Rheinischen Schiefergebirge, dem Harz, Thüringer Wald, Frankenwald u. s. w. gebildet wird, finden sich verhältnismäßig jüngere paläozoische Schichten, während an seinem Innenrand vorzugsweise archäische Gesteine, die Gneise des Schwarzwaldes und der Vogesen, des Fichtelgebirges, des Erzgebirges u. s. w. auftreten.

Die Auffaltung dieses Gebirges war im wesentlichen am Ende der Steinkohlenzeit beendet; die erodierende Thätigkeit des Wassers und der Niederbruch einzelner Teile führte indes schon in der darauf folgenden permischen Zeit seinen Verfall herbei, der beim Beginn der Trias vollendet war. Über die abgehobelten Flächen des ursprünglichen Hochgebirges, mit Ausnahme des Rheinischen Schiefergebirges, des Fichtel- und Erzgebirges ergoß sich das Meer und lagerte in gewaltiger Mächtigkeit die triassischen und jurassischen Schichten ab, um sich dann am Ende der Juraperiode abermals zurück zu ziehen. Nur am Gebirgsrande lagerten sich daher cretaceische und tertiäre Gesteine ab, und gleichzeitig erfolgte während eines langen Zeitraums der gewaltige Abbruch, durch den aus dem gleichförmigen Plateau, welches sich ursprünglich von Frankreich bis zum böhmischen Massiv erstreckte, im großen und ganzen die deutschen Mittelgebirge herausmodelliert wurden, deren Höhenunterschiede aus diesem Grunde wenig beträchtlich sind und die mit ihren flachgewölbten Kuppen und einförmigen Rücken mehr einen Plateaucharakter besitzen.

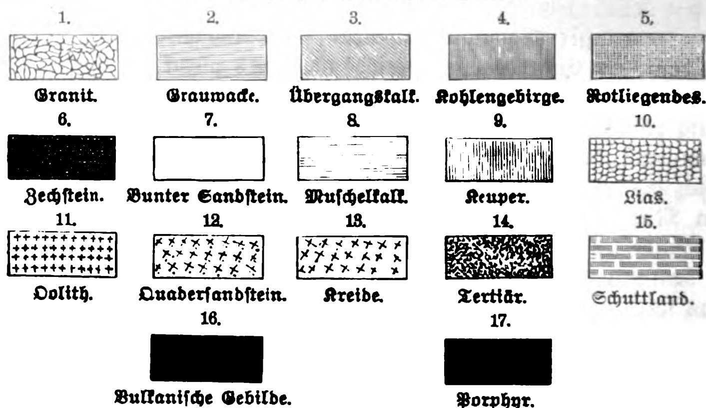
Das Kärtchen vom Harz und Thüringer Wald (Fig. 399 a. f. S.) kann zur Veranschaulichung der geschilderten Verhältnisse dienen. Namentlich in dem ersteren treten die paläozoischen Schichten, wie in dem Rheinischen Schiefergebirge (vergl. Fig. 159, S. 200), dessen östlicher Teil links in dem Kärtchen noch sichtbar ist, auf weite Strecken hervor; sie sind infolge der oben erwähnten doppelten Druckrichtung in der mannigfachsten Weise, zum Teil schraubenförmig verbogen, und von dieser Bewegung wurden auch die ursprünglich eine zusammenhängende Schicht bildenden Erzlager betroffen, die nunmehr in verwickelter Weise in das Grundgestein eingebettet erscheinen. Auch manche Eruptivgesteine, nament-

lich der im Harz so häufige Diabas oder Grünstein (S. 166) nehmen an der Faltung teil. Unterbrochen werden die paläozoischen Schichten durch zwei ausgedehnte Massive aus Granit, der in mächtigen Stöcken in das gefaltete Devon-

Fig. 399.



Karte des Harzes und Thüringerwaldes.



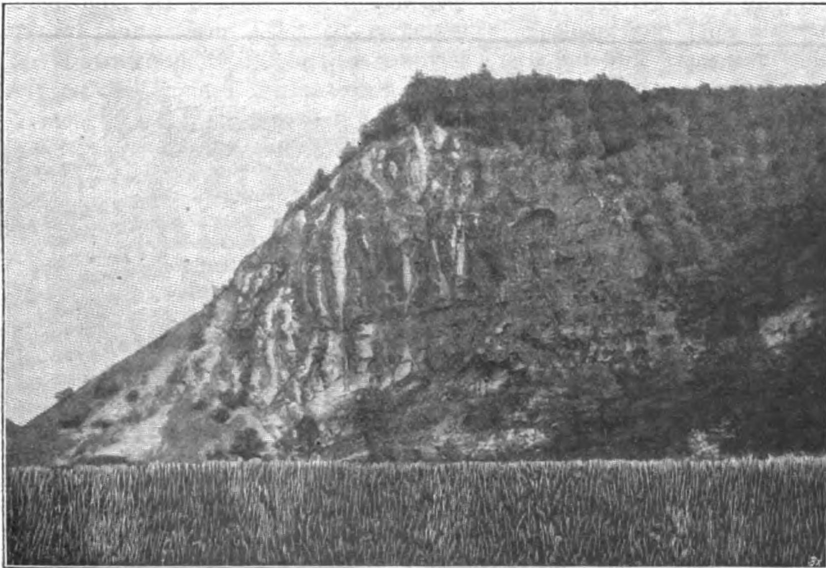
gebirge eingedrungen ist. Das bedeutendste ist das Brockenmassiv, ein zweites liegt südlich von Thale und erreicht seinen Gipfel in der Victorshöhe (ein drittes im Okerthal gelegenes Massiv ist von geringerem Umfange). Die Granite sowohl wie die übrigen Eruptivgesteine sind für die gegenwärtige Gestaltung des Ge-

birges insofern von Wichtigkeit, als sie durch die Verschiedenheit des Widerstandes, den sie der Erosion entgegensetzen, eine große Mannigfaltigkeit der Bergformen bewirkt haben. Die Diabase bilden abgerundete, hochgewölbte Bergrücken; die Granite geben Veranlassung zur Entstehung wollsackartiger Felsblöcke (S. 454), die am Brockenfeld, in der Umgegend von Schierke und Braunlage in gewaltigen Massen sich vorfinden, oder sie bilden sich zu schlanken Säulen und Nadeln aus, die dem Bode- und Okerthale den eigentümlichen Reiz verleihen (S. 457); aus Porphyr endlich bestehen einzelne im Südharz vorkommende kegel- oder domförmige Kuppen, deren Gestalt an vulkanische Kuppengebirge erinnert.

Im Thüringer Walde treten paläozoische Gesteine hauptsächlich im Südosten hervor, wo das Gebirge im Frankenwald mit dem Fichtelgebirge und dem böhmischen Massiv verwächst. In seinem nordwestlichen Teile besteht es vorwiegend aus Schichten des Rotliegenden, zwischen denen Quarz- und Granitporphyr eingeschaltet ist. Dem Wechsel dieser in verschiedenem Maße widerstandsfähigen Gesteine verdankt das Gebirge in erster Linie sein reizvolles Aussehen.

Das zwischen beiden Gebirgen liegende Thüringer Becken wird hauptsächlich von Gliedern der Triasformation gebildet, die von je einem schmalen Streifen Zechstein von den Gebirgen selbst getrennt sind.

Fig. 400.



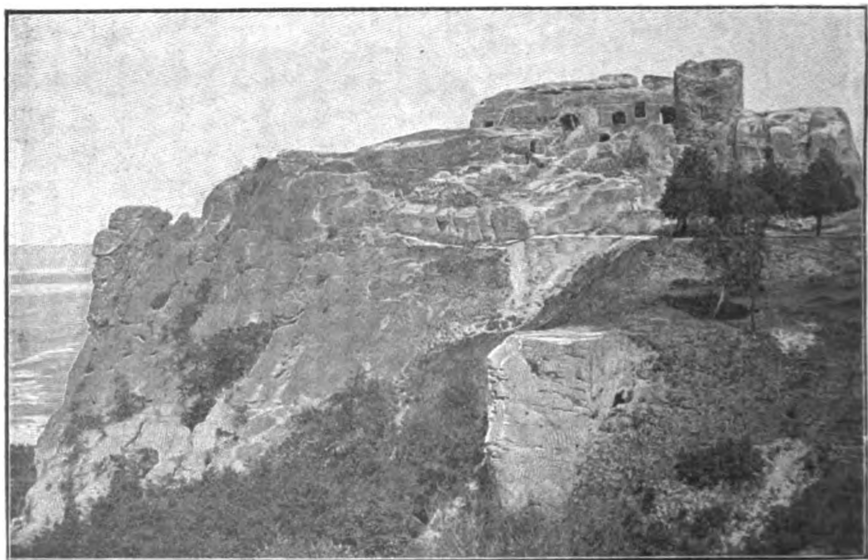
Der Kohnstein bei Nordhausen am Harz.
(Nach einer photographischen Aufnahme von R. Schiewek in Nordhausen.)

Die Zechsteinformation ist namentlich am Südwestrande des Harzes deutlich entwickelt, wo ihre Breite bis zum Thyrathale durchschnittlich etwa $^1/_2$ Meile beträgt. Zu ihrer unteren Abteilung gehören die Kupferschiefer, die im Mans-

feldischen Kreise seit langer Zeit die Grundlage für den Bergbau gebildet haben. Die mittlere Abteilung besteht aus Gips und Dolomit und teilweise aus Stinkkalk. Die leichte Löslichkeit und Zerstörbarkeit namentlich der beiden ersteren Gesteine sind die Ursache für eine weitgehende Zerstückelung der Formationsglieder gewesen, die zu der Entstehung steil abfallender Bergwände geführt hat. Als Beispiel dafür diene die Abbildung des etwa 4 km nördlich von Nordhausen gelegenen malerischen Gipsfelsens des Kohnsteins (Fig. 400 a. v. S.), auf dessen Gipfel früher die Schnabelsburg lag. Am Nordrande des Harzes ist der Zechsteingürtel weit schmaler und auf lange Zwischenräume hin unterbrochen. Das den Nordrand des Thüringer Waldes umgebende Zechsteinband ist von wechselnder Breite, begleitet aber den Gebirgsrand nahezu ununterbrochen, während am Südwestrande die Formation schon in der Gegend von Schmalkalden aufhört, wo sie die wertvollen Spateisensteinlager an der Mommel einschließt. Merkwürdigerweise kommen auch auf dem Thüringer Wald selbst (bei Steinheide und Oberhof) unzweifelhafte Zechsteinreste vor.

Die Triasformation selbst ist von einer großen Zahl paralleler, annähernd südöstlich verlaufender Bruchlinien durchsetzt, längs deren nicht unbeträchtliche Verschiebungen stattfanden. Die bedeutendste derselben ist der Kyffhäuser, bei dem das aus Gneis bestehende Grundgebirge mit seiner Bedeckung aus Rotliegendem in gleicher Höhe mit dem Buntsandstein lagert.

Fig. 401.



Der Regenstein bei Blankenburg am Harz.
(Nach einer Photographie von Chr. Frdr. Vieweg in Quedlinburg.)

Das nördliche Vorland des Harzes besteht ebenfalls zum größten Teile aus mesozoischen Schichten. Sie sind in eine Mulde eingebettet, deren nord-

westlich gerichtete Ummwallung bei Magdeburg zu Tage tritt. Glieder der Trias und des Lias herrschen vor; am Nordabhang des Harzes gesellt sich dazu noch die obere Kreide, deren Quadersandstein bei Quedlinburg und Halberstadt noch einige vereinzelte Bergrücken in der sich rasch nach Norden abdachenden Fläche bildet (vergl. die Abbildung des Regensteins, Fig. 401).

Im Anschluß an die Betrachtung der Erdbeben wurde bereits mehrfach bemerkt, daß die Bewegungsvorgänge in der Erdrinde in letzter Linie durch eine Kontraktion der letzteren hervorgerufen werden (vergl. S. 362, 385, 412 und 438). Auch die beiden Kräfte, durch deren Wirksamkeit die Gebirgsbildung zustande kommt, die tangential zur Erdoberfläche und die radial gerichtete, müssen notwendig entstehen, wenn die starre Erdrinde genötigt wird, sich in einem gegen den Erdmittelpunkt gerichteten Sinne zu bewegen. Dieser Bewegungsantrieb tritt aber dann ein, wenn man im Einklang mit der Kant-Laplaceschen Hypothese über die Entstehung der Himmelskörper (vergl. S. 594) annimmt, daß die Erde infolge des Wärmeverlustes, den sie durch die Ausstrahlung in den Weltenraum erfährt, fortwährend ihr Volumen verkleinert, und daß von diesem Wärmeverlust wegen der Konstanz der Bodentemperatur (S. 303) ausschließlich das Erdinnere betroffen wird. Welches daher auch dessen Beschaffenheit sein mag, jedenfalls muß es durch die Abkühlung eine Verkleinerung seines Volumens erfahren. Unter der fortdauernden Wirkung der Schwerkraft gerät dann die Umhüllung naturgemäß in einen Zustand der Spannung, der zunächst nicht durch das Versinken einzelner Teile aufgehoben werden kann. Denn selbst an vorhandenen Spalten kann keine Bewegung der angrenzenden Gesteinsmassen eintreten, weil sich diese gegenseitig stützen, wie die keilförmigen Steine eines Gewölbes. Der stetig wachsende Druck vermag schließlich nur eine Faltung der festen Erdrinde zu bewirken, wie sich die Schale eines Apfels runzelt, wenn das saftige Fleisch stark ausgetrocknet ist. Ist aber die Faltung eingetreten, so ist auch der Seitendruck, der die Gesteine im nicht gefalteten Teil in ihrer gegenseitigen Lage festhielt, aufgehoben, und nunmehr können die Erdschollen, namentlich an der Seite, von der aus die Faltung bewirkt wurde, also an der Innenseite der Faltengebirge, in die Tiefe sinken. Wie S. 438 näher angegeben wurde, ist eine verhältnismäßig nicht sehr große Abkühlung des Erdinnern hinreichend, um die gesamten Faltengebirge der Erde empor zu türmen. Die Verkürzungen, welche die einzelnen Erdschollen bei ihrer Emporfaltung zu Gebirgen erfahren, sind im einzelnen ziemlich beträchtlich. So wurde die Erdscholle, durch deren Faltung das Juragebirge entstand, durch diesen Vorgang schätzungsweise auf $^1/_5$, diejenige, welche die Alpen gebildet hat, sogar auf $^1/_2$ ihrer Länge verkürzt, letztere war demnach um 120 km breiter, als das Alpengebirge an seiner schmalsten Stelle gegenwärtig ist, während die Breite der Juraschollen die des schmalen Juragebirges immer noch um 5 km übertraf. Im ganzen schätzt man die Verkleinerung, die der Erdumfang infolge der Gebirgsfaltung erfuhr, auf etwa 360 km. Immerhin ist dies nur ein geringer Bruchteil von der Peripherie der Erde, nämlich nur etwa 0,9 Proz., und die Erdrinde wäre dem Erdmittelpunkte durch die Gebirgsbildung um etwa 57 km, d. h. nur um $^1/_{118}$ der ursprünglichen Größe des Erdradius näher gerückt.

Die Spalten, längs deren Teile der Erdrinde gesunken sind, haben noch in anderer freilich weit weniger umfangreicher Weise zur Gebirgsbildung beigetragen, insofern nämlich, als sie die Wege darstellten, auf denen Eruptivgesteine an die Erdoberfläche gelangten, wo sie überquollen und sich über die Ränder der Spalten hinweg ergossen. Sie erscheinen jetzt — meist infolge einer nachträglichen, durch die Verwitterung bewirkten Veränderung — in Gestalt von Erhebungen mit kuppenförmig abgerundeter Oberfläche und bilden die Kuppen- oder Kegelgebirge. Diese finden sich zumeist, wie z. B. die Euganeen bei Padua und das ungarische Mittelgebirge an der Innenseite hoher Kettengebirge. In Deutschland sind das rheinische Siebengebirge, der Vogelsberg, die Rhön, die vulkanische Eifel, ferner das böhmische Mittelgebirge bekannte Beispiele für diese Gruppe von Gebirgen, deren geringe Ausdehnung zeigt, daß die Bedeutung der Eruptivgesteine für die Gebirgsbildung sehr untergeordnet ist. Und noch geringer ist die der Vulkane, deren Auftreten gleich dem der Kuppengebirge an das Vorhandensein von Spalten geknüpft ist. Es ist früher (S. 309) gezeigt worden, daß die Vulkangebirge durch die Aufschüttung der Eruptivmassen entstehen; aus diesem Grunde hat man sie wohl als Accumulationsgebirge den tektonischen Gebirgen (Falten- und Schollengebirgen) gegenübergestellt.

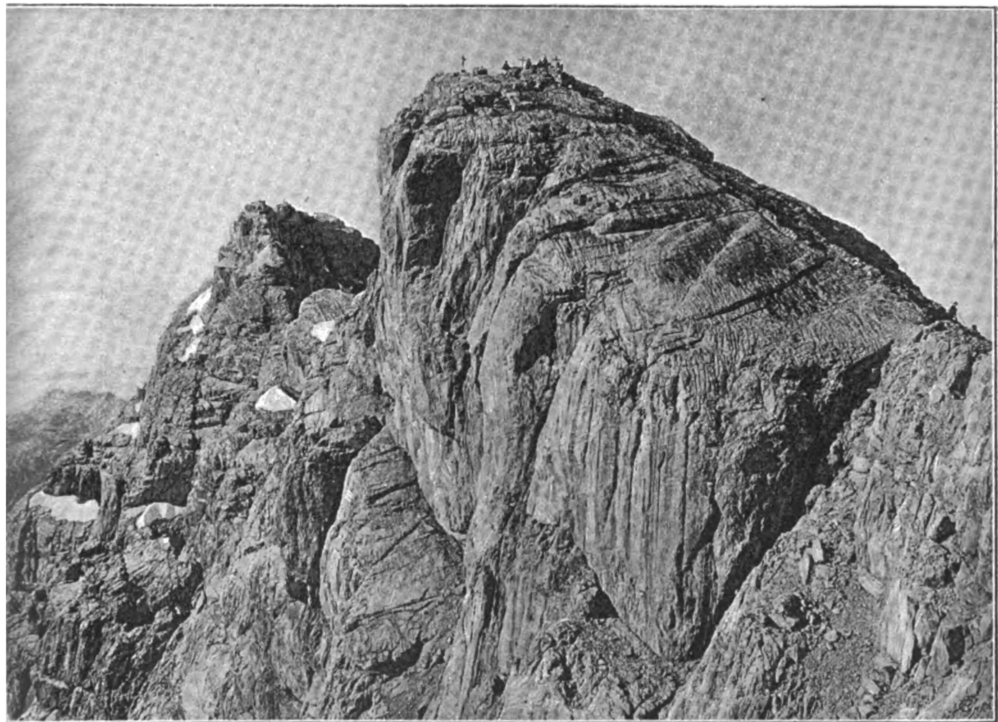
c) Abtragung der Gebirge. Thalbildung.

Man hat die Kräfte, durch deren Thätigkeit die Emporhebung der Gebirge erfolgte, als tellurische Kräfte bezeichnet, weil ihre Bethätigung mit der infolge der Wärmeausstrahlung in den Weltenraum stattfindenden Verkleinerung unseres Planeten im Zusammenhang steht. Die von ihnen erzeugten Unebenheiten der Erdoberfläche würden noch weit gewaltiger sein, wenn mit ihnen nicht gleichzeitig in entgegengesetzter Richtung wirkende Kräfte thätig wären, deren Einfluß gerade da am meisten bemerkbar ist, wo die gebirgsbildenden Kräfte ihre größte Intensität entfalten. Der Ursprung dieser Kräfte ist nicht im Erdinnern zu suchen, vielmehr sind sie in letzter Linie auf die Einwirkung anderer Himmelskörper, der Sonne und des Mondes, zurückzuführen. Man hat sie deshalb als siderische Kräfte jenen gegenübergestellt. Indem unter der Wirkung der Sonnenwärme das verdampfende Wasser seinen Kreislauf beginnt, die erwärmte Luft in Bewegung versetzt und das Leben der Organismen ermöglicht wird, werden die Kräfte wirksam, die sich beim Niederfall des Regens und Schnees, bei der Bewegung der Gletscher und des strömenden Wassers, bei der Umbildung der Gesteine an ihrer Oberfläche, bei der Thätigkeit des Windes und bei der Einwirkung der Organismen auf die Zusammensetzung und die Veränderung der Erdkruste in so mannigfacher Weise äußern. Der Mond ist seinerseits die Ursache für die Entstehung der Gezeiten. Im einzelnen ist die Wirkung all dieser Faktoren bereits der Gegenstand der Betrachtung gewesen[1]). An dieser Stelle muß indes besonders darauf hingewiesen werden, daß die heutige Form, in der uns die Erdober-

[1]) Vergl. S. 440 ff. unter Verwitterung, Erosion, S. 519 Brandungswellen, S. 537 ff. Äolische Wirkungen, S. 546 ff. Organogene Bildungen, S. 567 ff. Wirkungen von Schnee und Eis.

fläche und insbesondere ihre durch die tellurischen Kräfte emporgehobenen Teile erscheinen, in erster Linie das Ergebnis der Wirksamkeit dieser Kräfte ist. Sie rufen nur ausnahmsweise gewaltige, katastrophenähnliche Wirkungen hervor (Bergstürze, Sturmfluten); meist ist ihr Walten wenig energisch und kaum bemerkbar. Dafür sind sie unausgesetzt an dem Oberflächenrelief modellierend thätig, und keine Stelle der Erdoberfläche vermag sich ihrer Wirksamkeit zu entziehen. Jeder niederfallende Regentropfen, jedes dahinfließende Rinnsal, jedes vom Wind aufgewirbelte Staubteilchen, jede Temperaturänderung, die das Gestein lockert, ja jede Wurzelfaser, die in gleicher Weise wirksam ist,

Fig. 403.



Die vordere und mittlere Spitze des Watzmanns.
(Nach „Die Erschließung der Ostalpen, herausgeg. vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein".)

bildet eine Einzelkraft, durch deren Summierung im Verlauf der Zeit die gewaltigsten Wirkungen hervorgebracht werden.

Wo die gebirgsbildende Thätigkeit der tellurischen Kräfte sich am intensivsten äußert, da ist auch die nivellierende Wirkung der siderischen Kräfte am lebhaftesten. Die am stärksten aufgewölbten Falten der Kettengebirge sind der S. 719 erwähnten plastischen Umformung nicht mehr fähig, weil auf ihnen nicht der starke Druck lastet, der zur Erzeugung der „latenten Plasticität" erforderlich ist. Das Gestein zerklüftet und zerbricht daher an den steil

Fig. 494.



Die Vajolettürme.
(Nach „Die Erschließung der Ostalpen, herausgeg. vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein".)

aufgerichteten Faltensätteln. Dadurch wird es einmal für die Verwitterung in wirksamer Weise vorbereitet, und ferner wird der Zutritt des erodierenden Wassers wesentlich erleichtert. Der sich innerhalb weiter Grenzen bewegende Temperaturwechsel, welcher infolge der intensiven Sonnenbestrahlung während des Tages und der starken Wärmeausstrahlung während der Nacht eintritt, bewirkt eine weitere Lockerung des Gesteins, dessen Fortbewegung durch die Steilheit der Gehänge in hohem Maße begünstigt wird, und jeder Alpenwanderer fürchtet den niemals aufhörenden Steinschlag als seinen gefährlichsten Feind.

So kommt es, daß die Gipfel der Hochgebirge meist von mehr oder weniger steil geneigten Seitenflächen begrenzt sind, namentlich dann, wenn die chemische Beschaffenheit des Gesteins oder seine Struktur die Verwitterung begünstigen, wie dies bei kalkigen Gesteinen einerseits, bei schieferigen andererseits der Fall ist. Die nebenstehenden Abbildungen, die zugleich die mannigfache Gestaltung der Gipfel erkennen lassen, bieten bekannte Beispiele. Die Vogelkarspitze (Fig. 402 bei S. 729) und der Watzmann (Fig. 403 a. S. 729) gehören den nördlichen Kalkalpen, die Vajoletttürme (Fig. 404 a. S. 730) und die sagenumwobene Rosengartengruppe (Fig. 405) den Südtyroler Dolomiten an; der Großglockner

Fig. 406.

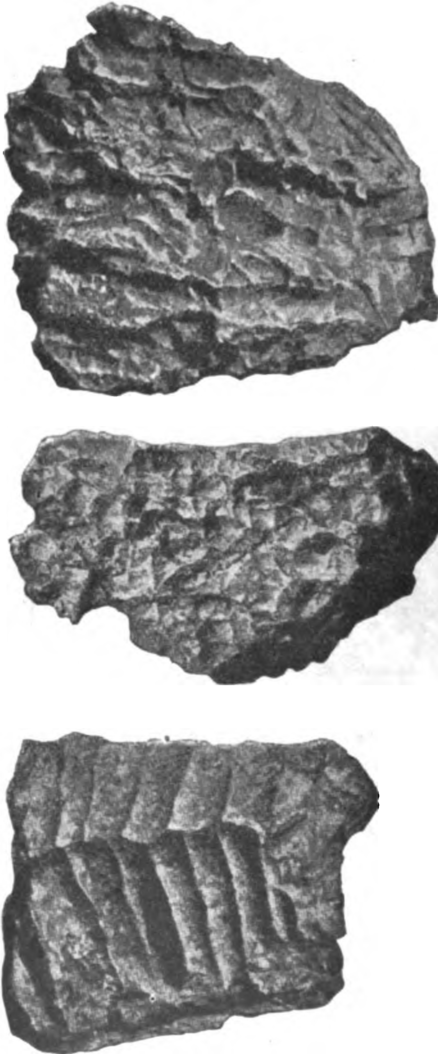


Der Nordwestgrat des Großglockners.
(Nach „Die Erschließung der Ostalpen, herausgeg. vom Deutschen und Österreichischen Alpenverein“.)

(Fig. 406), der zweithöchste Gipfel der österreichisch-ungarischen Monarchie, zu den Hohen Tauern zählend, liegt im Gebiet des alpinen Centralgneises, der jedoch hier gänzlich von grauen und grünen Schiefern bedeckt ist.

Eine eigentümliche Erosionsform, die im Hochgebirge gelegentlich beobachtet wird, möge hier noch Erwähnung finden. Wenn die Oberfläche des aus Kalk bestehenden Gesteins eine steilere Neigung gegen den Horizont besitzt, so können durch die lösende Wirkung, die das Meteorwasser ausübt, in ihr Rillen entstehen, die durch allmählich höher werdende Rippen von einander getrennt sind. Das Wasser sammelt sich dann in Querrinnen und arbeitet in ähnlicher Weise Querrippen aus, so daß die Oberfläche schließlich mit einem Netz scharfkantiger Rippen überzogen ist, deren Überschreiten zu den größten Mühsalen gehört. Man hat diese Bildungen, von denen die Abbildungen Fig. 407 aus dem Dachsteingebiet und 408 aus dem Karstgebiet der Provence eine Vorstellung geben sollen, als Karren- oder Schrattenbildungen bezeichnet.

Fig. 407.



Erosionsformen im Karrenterrain an Kalksteinen aus dem Dachsteingebiet, ca. 1/2 nat. Größe.
(Nach Friedr. Simony, Das Dachsteingebiet.)

Man kann die Größe der in den Hochgebirgen stattfindenden Abtragung, die durch die Gewässer bewirkt wird, und von der die mächtigen Schuttfelder am Fuß der schroffen Gipfelabstürze (Fig. 405) Zeugnis ablegen, nicht groß genug schätzen, und man wird kaum fehl gehen, wenn man annimmt, daß durch sie das Gebirge um ebensoviel erniedrigt ist, als sich seine Gipfel gegenwärtig über das an seinem Fuß liegende Tiefland erheben. Ist doch schon bei ungestörter Schichtenlage die erodierende Kraft des Wassers groß genug, um in einem gleichförmigen Plateau Vertiefungen auszuarbeiten, die diesem einen gebirgsähnlichen Charakter verleihen. Ein ausgezeichnetes Beispiel dieser Art ist das Elbsandsteingebirge, dessen der Kreideformation zugehöriger Quadersandstein (vergl. S. 176, 211, 261) ein für die erodierende Wirkung des Wassers vortrefflich geeignetes Material ist.



Fig. 408. Karrenfeld mit Lorbeergebüsch unweit Dorf Tourette bei Vence, Provence.

Bei einer Dampferfahrt zwischen Herrnskretschen und Dresden erkennt man unschwer, daß das tief eingeschnittene Elbthal ein Erosionsthal ist; denn an beiden Ufern lagern die Sandsteinschichten ungestört, und die Terrassen, die sich an den Thalgehängen entlang ziehen, lassen erkennen, daß der Fluß sich das Bett allmählich in den Sandstein genagt hat (Fig. 409). Sie stellen hier wie auch anderwärts (z. B. im Innthal unterhalb Innsbruck, vergl. ferner die beifolgende Fig. 410, Abbildung des Narentathales) die Reste eines ehemaligen höher gelegenen Thalbodens dar, in den sich der Fluß hineingenagt hat, sein Bett bisweilen um Hunderte von Metern vertiefend. Die senkrechte Zerklüftung des Sandsteins begünstigt die Thalbildung außerordentlich, und da die Widerstandsfähigkeit des Gesteins sowohl als auch der Spaltenverlauf in demselben auf weite Strecken unverändert bleiben, so entstehen die tief eingeschnittenen, von senkrechten Wänden begrenzten Thäler und oft sonderbar gestalteten Felspartieen (Prebischthor, Bastei, s. Fig. 255 u. 256, S. 483), welche jener Gegend den eigentümlichen landschaftlichen Reiz verleihen. Die Verwitterung ist natürlich auch heute noch thätig, wie die zuweilen erfolgenden Abbrüche größerer Felspartieen darthun (Abbruch am Pfaffenstein 1838, am kleinen Tschirnstein 1844). Daß durch sie die eigentümlichsten Felsbildungen entstehen können, wurde schon früher erwähnt (S. 457). Die Tyssaer Wände im Bilaer Grunde sind ein gutes Beispiel für derartige Bildungen, nicht minder die ebenfalls aus Sandsteinen der oberen Kreide bestehenden Adersbacher und Weckelsdorfer Felsen, die einen Flächenraum von etwa 20 qkm bedecken und deren sonderbare Bildungen zu den mannigfachsten Benennungen (Zuckerhut, Harfe u. s. w.) Veranlassung gegeben haben. Auch die früher erwähnten Teufelsmauern, von denen hier noch zwei Ansichten (Fig. 411 u. 412, S. 735) folgen mögen, zeigen, wie vortrefflich gerade der Quadersandstein zur Verwitterung geeignet ist.

Das großartigste Beispiel für die erodierende Wirkung eines Flusses in einer Reihe von nahezu ungestört lagernden Schichten bietet das in dem regenarmen Arizona gelegene, aus Kohlenkalk bestehende Plateau, in welches sich der Rio Colorado eine 1000 bis 2000 m tiefe Rinne eingenagt hat. Sie erinnert durchaus an das Elbthal der Sächsischen Schweiz, nur daß ihre Wände zehn und mehrmal höher sind, als die Steilufer der Elbe. Die Spanier haben diese Schluchten, die sich auch noch anderwärts in den Tafelländern von Arizona, Utah und Colorado finden, als Cañons bezeichnet (s. S. 485). Die Kohlenkalkdecke, in die der Cañon des Colorado eingeschnitten ist, wird von permischen, mesozoischen und tertiären Schichten überlagert, die seitwärts von den Rändern des Cañons bis zu einer Gesamtbreite von etwa 20 km weggenagt sind, so daß dort mächtige, in gewaltigen Abstürzen sich aufbauende Terrassen entstanden, die ehedem ein oberhalb des Cañons liegendes breites Flußthal umsäumten. Von Dutton[1]), dem wir

[1]) Dutton, The physical geology of the Grand Cañon District in Second annual report of the U. St. geological Survey, 1882, p. 49—161 mit 16 Textabb. und 27 Tafeln); und Tertiary history of the Grand Cañon District (Monographs of the U. St. geological Survey Vol. II. 1882. Mit 42 Tafeln und einem Atlas von 23 Tafeln). Vergl. auch Ives, Report upon the Colorado River of the West, explored in 1857 and 1858. (Mit vielen Karten, Tafeln und Textabbildungen. 1861).

Zu Seite 734.



Friedr. Vieweg & Sohn in Braunschweig.

Fig. 409. **Das Elbsandsteingebirge zwischen Schandau und Herrnskretschen.**

Zu Seite 734.



Fig. 410. Terrassen im Narentathale bei Jablanica.
(Nach Original-Aufnahme des Geographischen Instituts der Universität Wien.)



Fig. 411. Die Teufelsmauer bei Timmenrode.

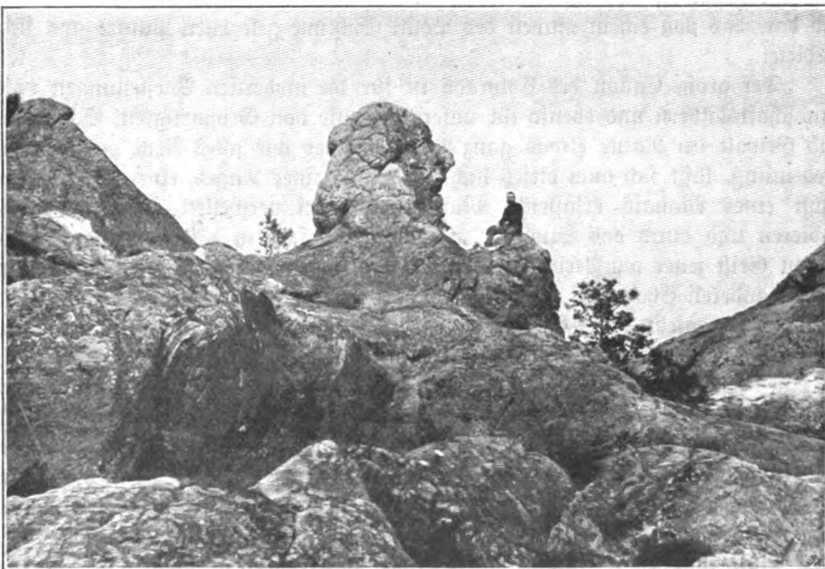


Fig. 412. Der Ludwigsfelsen bei Timmenrode.
(Fig. 411 u. 412 nach vom Verfasser veranlaßter photographischer Aufnahme.)

eine genaue Untersuchung dieses interessanten Gebietes verdanken, wird der Einschnitt in das Kaibab-Plateau mit folgenden Worten geschildert:

„Wo immer man sich auf dem Kaibab-Plateau dem großen Cañon nähert, thut sich mit einem Schlage der Einblick in seine Tiefen auf; nur selten wird vorher ein Anzeichen gegeben, daß man dem Abgrund nahe ist. Der Wald reicht bis an den Steilrand, und die Fichten lassen alle ihre Zapfen in die bodenlose Tiefe fallen.

„Wenn man sich aufs Geratewohl und ohne die Absicht nähert, auf einem bekannten Wege einen besonderen Punkt zu erreichen, erblickt man ihn aller Wahrscheinlichkeit nach zunächst von dem Rande einer der gewaltigen Terrassen aus, die amphitheatralisch von dem Hauptabgrunde aus weit in die Plateaumasse eingeschnitten sind. Naturgemäß giebt es Unterschiede hinsichtlich der Größe und der Gewalt der sich darbietenden Scenerie; aber auch die kleinsten und am wenigsten hervorragenden Bilder sind gewaltig und für die menschliche Fassungskraft zu groß. Das Landschaftsbild, das sich von den Terrassen aus darbietet, übertrifft an Großartigkeit und Erhabenheit alles Verwandte in andern Gegenden, und doch ist es geradezu unbedeutend im Vergleich zu dem Panorama, welches sich in dem Herzen des Cañons eröffnet. Die großartigste Aussicht gewinnt man an den äußersten Enden der langen Vorgebirge, die zwischen diesen Ausschnitten weit in den Abgrund vorragen. Zu einem solchen Punkt lenken wir nunmehr unsere Schritte. Der, den wir gewählt haben, ist wohl der hervorragendste an der Vorderseite des Kaibab-Plateaus, indes sind mehrere andere vorhanden, die man als gleichartig, ja in mancher Beziehung sogar als imposanter betrachten könnte. Wir haben ihn Point Sublime genannt; die beigeheftete Abbildung (Fig. 413) stellt das Landschaftsbild dar, das von einem unweit des Point Sublime gelegenen Punkte aus sich darbietet.

„Der große Cañon des Colorado ist für die modernen Vorstellungen von Landschaftsbildern und ebenso für unsere Begriffe von Großartigkeit, Schönheit und Gewalt der Natur etwas ganz Neues. Aber wie alles Neue von einiger Bedeutung, läßt sich auch dieses nicht im Laufe eines Tages, einer Woche oder selbst eines Monats erfassen. Man muß dabei verweilen, man muß es studieren und durch das Studium muß man langsam in das Verständnis und in den Geist jener wunderbaren Scenerie eindringen, die der Plateaulandschaft den besonderen Charakter verleiht und die sich am erhabensten in dem großen Abgrund kundgiebt. Die Einwirkungen einer derartigen Scenerie zu studieren, sie langsam beherrschen zu lernen und sie in ihrem ganzen Umfange zu schätzen, ist eine besondere Übung, die zu ihrer Vollendung Zeit, Geduld und langen Umgang erfordert. Dem Naturfreund, der seinen Blick in den Alpen, in Italien, Deutschland, den Appalachen oder Cordilleren gebildet hat, würde der Eintritt in diese merkwürdige Gegend gleichsam einen Stoß versetzen, er würde sich beengt, vielleicht zurückgestoßen und geängstigt fühlen; er sieht selten oder nie etwas von dem, was er als schön und erhaben zu betrachten gewohnt ist, alles muß ihm zwar staunenswert, aber bizarr und unschön vorkommen; nirgends findet er die zarten, gemilderten und doch reichen Farbentöne und Schatten, die seine Phantasie besonders entzückten. Aber mit der Gewohnheit

ändert sich der Eindruck. Was zuerst hart, wild, fast brutal erschien, erweist sich nun als anmutig und ausdrucksvoll, voll Kraft und Majestät, und die grellen, schreienden Farben zeigen sich allmählich doch als in hohem Grade zart, wechselnd und wirkungsvoll.

„Wäre es nur die Größe der Erscheinung, welche Eindruck macht, so ließe sich die Summe in einem einzigen Satz zusammenfassen: der Cañon ist über 322 km lang, 8 bis über 19 km breit und über 1500 bis 1830 m tief. Es giebt längere und breitere Thäler und sogar einzelne, welche tiefer sind. Und dennoch ist der Große Cañon das Erhabenste, was es auf Erden giebt. Er ist es weniger lediglich wegen seiner gewaltigen Dimensionen, als durch das Zusammenwirken aller Einzelheiten.

„Gewöhnlich stellt man sich den Cañon als einen tiefen, engen Spalt mit nahezu senkrechten Wänden vor, der einem großen und sauber ausgeführten Graben ähnelt. Hunderte von Spalten in dem Hochland entsprechen thatsächlich dieser Vorstellung. Viele von ihnen senken sich zu schauerlichen Tiefen hinab und sind 120 bis 240 km lang. Einige sind außergewöhnlich eng, wie die Cañons der Arme des Virgen, deren überhängende Wände dem Tageslicht den Zutritt nicht gestatten. Manche sind in verwickelter Weise ausgemeißelt und leuchten in glänzenden Farben; andere wiederum sind malerisch wegen ihrer kühnen und überraschenden Skulptur. Einige wenige von ihnen machen wegen ihrer Tiefe und der Erhabenheit ihrer Wände einen feierlichen und ergreifenden Eindruck. Aber in der Regel sind die Cañons der Mehrzahl nach nicht großartig, ja nicht einmal anziehend. Wer sie zuerst kennen lernt, in dem erwecken sie als etwas Außergewöhnliches Neugier und Interesse, aber bald ermüden sie, weil sie nicht genügend Abwechslung darbieten, und werden zuletzt geradezu langweilig. Wegen ihrer großen Einfachheit und der begrenzten Zahl von Vorstellungen, die sie erwecken, sind die von ihnen hervorgerufenen Eindrücke schnell vorübergehend. Aber es giebt einige, die in hohem Maße abwechslungsreich und anziehend sind; sie werden selten schal und langweilig, und ihr Anblick wird allgemein mit Freude begrüßt.

„Es ist vielleicht in mancher Beziehung ungünstig, daß der wunderbare Lauf des Coloradoflusses durch das Kaibab-Plateau überhaupt Cañon genannt wurde; denn durch diesen Namen wird die Vorstellung erweckt, als sei auch er wie die gewöhnlichen Cañons von untergeordnetem Werte. Aber das Wort Cañon hat eine ebenso mannigfache Bedeutung, wie das Wort Haus. Die Blockhütte des Farmers, die bemalte und weinumrankte Hütte des Handwerkers, das Heim des Millionärs, die Stätten, an denen die Parlamente sich versammeln und die großartigsten Tempel der Gottesverehrung: sie alle sind Häuser. Und doch ist der Gegensatz zwischen der Markuskirche und der rohen Hütte des Grenzansiedlers nicht größer, als der zwischen der Schlucht des Colorado und den Felseinschnitten, die der gewöhnlichen Vorstellung eines Cañon entsprechen. Und wie ein großer Dom als eine gewaltige Entwickelung des Gedankens erscheint, der in den vier Wänden und in dem Dach einer Hütte gleichsam noch schlummert, so ist jene Schlucht eine Entwickelung des einfachen Typus der Entwässerungskanäle, die dem Hochland eigentümlich sind. Der Vorstellung seiner gewaltigen Größenverhältnisse muß man die Vorstellung

seines verwickelten Grundrisses, die Vornehmheit seines Aufbaues, seine riesigen Hügel, seinen Reichtum an Ornamentik, den Glanz seiner Farben und seine wunderbare Atmosphäre hinzufügen. Alle diese Eigenschaften vereinigen sich miteinander in unendlicher Mannigfaltigkeit und erzeugen ein Ganzes, das anfangs verwirrt und zuletzt überwältigt.

„Vom äußersten Ende von Point Sublime ist der Abstand bis zu dem nächsten Punkt der jenseitigen Uferhöhe $11^1/_4$ km, aber die beiden Ränder sind von weiten Amphitheatern ausgebuchtet und treten daher für gewöhnlich bedeutend weiter auseinander. Richtiger würde man die Breite zu 18 bis 19 km angeben. In das unmittelbare 80 km lange und 19 km breite Gesichtsfeld drängt sich eine ungeheure Menge von Objekten, so riesenhaft, so majestätisch, so unendlich mannigfaltig in ihren Einzelheiten, daß man in dem Maße, wie man ihre Wahrheit allmählich begreift, auf das Tiefste bewegt wird. Unzweifelhaft erscheint die jenseitige Thalwand vor allem anderen groß und überwältigend; der menschliche Geist kann sich keine Vorstellung machen von einer über 1600 m hohen Felsmauer, die, dem Beschauer in einer Entfernung von 11 km gegenüberliegend, sich rechts und links in die Unendlichkeit zu verlieren scheint. Man fühlt sich erdrückt und überwältigt. Wäre es noch eine senkrechte, glatte Wand, so fände sich ein Ruhepunkt bei der Betrachtung; allein überall tritt in derselben die größte Mannigfaltigkeit entgegen. Tiefe Amphitheater springen weit in das jenseitige Plateau ein, zwischen ihnen ragen mächtige Vorsprünge heraus, die in herrlichen Giebeln ausladen. So ist der Rand in eine Menge Buchten und vorspringende Ecken zerteilt, mit zahllosen Vorsprüngen, die teilweise als scharfe Sporen in die Tiefe setzen. Nur bei den dem Beschauer unmittelbar gegenüberliegenden Amphitheatern dringt der Blick bis in den Hintergrund; aber so außerordentlich, so unglaublich wirkt die perspektivische Verkürzung, daß es unmöglich ist, sich von deren Ausdehnung ein Bild zu machen. Zahlreiche losgelöste Massen schließen sich an die Vorsprünge an, gigantische Pfeiler, die aber trotz ihrer Größe erdrückt werden von der ungeheuern Masse der gegenüberliegenden Wand. Nur wenig minder machtvollen Eindruck als diese selbst machen die unmittelbar benachbarten Pfeiler auf der eigenen Uferseite, welche eine Schönheit der Formen, eine Großartigkeit und dabei eine mannigfaltige Zerrissenheit zeigen, die jeder Beschreibung spottet.“

Daß ein so mächtiger Thaleinschnitt in einem regenarmen Gebiete entstehen konnte, erklärt sich daraus, daß der Rio Colorado aus einem entfernten regenreichen Gebiete kommt. Der obere breite Theil des Thales stellt gleich den Flußterrassen in der sächsischen Schweiz den Rest eines ehemaligen Flußbettes vor, dessen Entstehung nach Dutton am Schluß der Tertiärzeit begann und das während der bedeutend kühleren und feuchteren Diluvialzeit von dem ungleich wasserreicheren Fluß ausgenagt wurde. Außerordentlich große Zeiträume, die sich nach Millionen von Jahren bemessen, hat der Rio Colorado gebraucht, um diese mehr als 300 km lange, durchschnittlich 18 km breite Furche in dem harten Gesteine hervorzubringen, und doch ist, geologisch gesprochen, der Zeitraum, der seit dem Ende der Tertiärzeit verstrichen ist, nur ein kurzer, wie allein schon aus dem Umstande hervorgeht, daß bereits zu Ende der

Tertiärzeit eine große Zahl von Tier- und Pflanzenformen existiert hat, die mit heute lebenden identisch sind.

Die erodierende Kraft des Wassers bethätigt sich dann am lebhaftesten, wenn dieses aus einiger Höhe herabstürzt. Bereits früher wurde auf diese Wirkung der Wasserfälle hingewiesen, und es wurde ausgeführt, wie sie hauptsächlich darin besteht, daß der Wasserfall selbst stets mehr und mehr thalaufwärts rückt, dem Ursprunge des Stromes entgegen (vergl. S. 483). Dies wird erklärlich, wenn man bedenkt, daß die Wirkung der Erosion hauptsächlich an dem Punkte sehr mächtig ist, wo die Wassermasse auffällt, und daß mithin dort eine kesselförmige Vertiefung entsteht, die sich mehr und mehr erweitert und namentlich gegen die Felswand hin sich ausbreitet, indem hier dem wirbelnden Wasser durch den herabstürzenden Strom selbst der Abfluß versperrt ist. An der ganzen vertikalen Felswand, über die der Strom hinabstürzt, ist die Erosion um so geringfügiger, als die Geschwindigkeit des Stromes diesen in bedeutenderem Bogen vorwärts schießen läßt. Die Schwelle selbst aber, über die der Strom sich ergießt, wird infolge der durch den Fall beschleunigten Geschwindigkeit in erheblicherem Maße angegriffen. Die Felswand, über welche hin sich ein Wasserfall ergießt, wird demnach zugleich oben, am bedeutendsten aber in der Tiefe des Kessels angenagt, und eine Folge dieser Wirkung ist, daß die Felswände, allmählich unterwühlt und gleichzeitig von oben eingeschnitten, in sich zusammenstürzen. Der Wasserfall erzeugt demnach entweder ein mehr oder weniger stark vertieftes Thal oder er gleicht die Niveauverschiedenheiten, welche die Sohle eines bereits angelegten Thales noch zeigt, allmählich mehr und mehr aus: ein unfertiges Thal geht in ein fertiges, sich nur noch wenig veränderndes über. Finden die geschilderten Vorgänge gleichzeitig an den beiden Seiten eines zwei Thäler trennenden Gebirgskammes statt, so wird dieser selbst allmählich schmaler und verschwindet endlich ganz; die beiden Thäler vereinigen sich zu einem einzigen, in dem die Wasserscheide kaum bemerkbar ist. Das Pusterthal, in dem von dem Toblacher Felde aus mit anfangs nur geringer Neigung die Drau nach Osten, die dem Eisack zueilende Rienz nach Westen strömen, ist ein gutes Beispiel für die geschilderten Verhältnisse, ebenso das Wippthal, dessen Scheitel vom Brennerpaß, einer Wasserscheide zwischen Schwarzem und Adriatischem Meere, gebildet wird.

An einem durch Erosion entstandenen Thal kann man in der Regel eine Region des Oberlaufes von der des Mittel- und des Unterlaufes unterscheiden. Jene besitzt steile und tiefdurchfurchte Gehänge und stellt meist einen mulden- oder zirkusähnlichen Thalkessel dar, an dessen Boden sich die Wassermassen und der größte Teil der von den Wänden losgelösten Geschiebemassen sammeln. Nach vorn verengt sich der Trichter; hier besitzt der Fluß einen Überschuß an erodierender Kraft und nagt sein Bett tiefer und tiefer ein, Stromschnellen und Wasserfälle bildend, wie man dies an jedem Wildbach in den Alpen erkennen kann. Zu großartiger Ausbildung gelangen diese Zirkus- oder Kesselthäler beispielsweise in den Pyrenäen, wo sie als Oules bezeichnet werden; die Wände des Oule von Gavarni besitzen eine Höhe von etwa 700 m. In den Alpen ist das Kesselthal von Bad Leuk mit den 1500 m hohen Felswänden der Gemmi ein bekanntes Beispiel (vergl. auch die umstehende

